

পদার্থবিজ্ঞান

নবম-দশম শ্রেণি



জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড, বাংলাদেশ

জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড কর্তৃক ২০১৩ শিক্ষাবর্ষ থেকে
নবম-দশম শ্রেণির পাঠ্যপুস্তকরূপে নির্ধারিত

পদার্থবিজ্ঞান

নবম-দশম শ্রেণি

রচনা

ড. শাহজাহান তপন

ড. রানা চৌধুরী

ড. ইকরাম আলী শেখ

ড. রমা বিজয় সরকার

সম্পাদনা

ড. আলী আসগর

জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড, বাংলাদেশ

জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড

৬৯-৭০ মতিবিল বাণিজ্যিক এলাকা, ঢাকা-১০০০

কর্তৃক প্রকাশিত।

[প্রকাশক কর্তৃক সর্বস্বত্ত্ব সংরক্ষিত]

প্রথম প্রকাশ : সেপ্টেম্বর, ২০১২

পুনর্মুদ্রণ : জুন, ২০১৬

পাঠ্যপুস্তক প্রণয়নে সমন্বয়ক

মোঃ মোখলেস উর রহমান

প্রচ্ছদ

সুপর্ণন বাছের

সুজাউল আবেদীন

চিত্রাঙ্কন

মোঃ হাসানুল কবীর সোহাগ

ভিজাইন

জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড

কম্পিউটার মেকাপ এন্ড এডিটিং

পারফর্ম কালার গ্রাফিক্স (গ্রাঃ) লিঃ

সরকার কর্তৃক বিনামূল্যে বিতরণের জন্য

মুদ্রণে:

প্রসঙ্গ-কথা

শিক্ষা জাতীয় উন্নয়নের পূর্বশর্ত। আর দ্রুত পরিবর্তনশীল বিশ্বের চ্যালেঞ্জ মোকাবিলা করে বাংলাদেশকে উন্নয়ন ও সমৃদ্ধির দিকে নিয়ে যাওয়ার জন্য প্রয়োজন সুশিক্ষিত জনশক্তি। তাই বাংলাদেশ ও মুক্তিযুদ্ধের চেতনায় দেশ পড়ার জন্য শিক্ষার্থীর অশুভসিদ্ধি মেধা ও সম্মানবাহী পরিপূর্ণ বিকাশে সাহায্য করা মাধ্যমিক শিক্ষার অন্যতম লক্ষ্য। এছাড়া গ্রাথমিক স্তরে অর্জিত শিক্ষার মৌলিক জ্ঞান ও দক্ষতা সম্প্রসারিত এবং সুসংহত করার মাধ্যমে উচ্চতর শিক্ষার যোগ্য করে তোলাও এ স্তরের শিক্ষার উদ্দেশ্য। জ্ঞানার্জনের এই প্রক্রিয়ার ভিতর দিয়ে শিক্ষার্থীকে দেশের অর্থনৈতিক, সামাজিক, সাংস্কৃতিক ও পরিবেশগত পটভূমির প্রেক্ষিতে দক্ষ ও যোগ্য নাগরিক করে তোলাও মাধ্যমিক শিক্ষার অন্যতম বিবেচ্য বিষয়।

জাতীয় শিক্ষানীতি-২০১০ এর লক্ষ্য ও উদ্দেশ্যকে সামনে রেখে পরিমার্জিত হয়েছে মাধ্যমিক স্তরের শিক্ষাক্রম। পরিমার্জিত এই শিক্ষাক্রমে জাতীয় আদর্শ, লক্ষ্য, উদ্দেশ্য ও সমকালীন চাহিদার প্রতিফলন ঘটানো হয়েছে, সেই সাথে শিক্ষার্থীদের বরস, মেধা ও গ্রহণ ক্ষমতা অনুযায়ী শিক্ষনফল নির্ধারণ করা হয়েছে। এছাড়া শিক্ষার্থীর নৈতিক ও মানবিক মূল্যবোধ থেকে শুরু করে ইতিহাস ও ঐতিহ্য চেতনা, মহান মুক্তিযুদ্ধের চেতনা, শিল্প-সাহিত্য-সংস্কৃতিবোধ, দেশসেবাবোধ, প্রকৃতি-চেতনা এবং ধর্ম-বর্ণ-পোষ ও নারী-পুরুষ নির্বিশেষে সবার প্রতি সমমর্মণাবোধ জাগ্রত করার চেষ্টা করা হয়েছে। একটি বিজ্ঞানমনস্ক জাতি গঠনের জন্য জীবনের প্রতিটি ক্ষেত্রে বিজ্ঞানের স্বতঃস্ফূর্ত প্রয়োগ ও ডিজিটাল বাংলাদেশের বৃণকর্ম-২০২১ এর লক্ষ্য বাস্তবায়নে শিক্ষার্থীদের সক্ষম করে তোলার চেষ্টা করা হয়েছে।

নতুন এই শিক্ষাক্রমে আলোকে প্রণীত হয়েছে মাধ্যমিক স্তরের প্রায় সকল পাঠ্যপুস্তক। উক্ত পাঠ্যপুস্তক প্রণয়নে শিক্ষার্থীদের সার্থ্য, প্রবণতা ও পূর্ব অভিজ্ঞতাকে গুরুত্বের সঙ্গে বিবেচনা করা হয়েছে। পাঠ্যপুস্তকগুলোর বিষয় নির্বাচন ও উপস্থাপনের ক্ষেত্রে শিক্ষার্থীর সৃজনশীল প্রতিভার বিকাশ সাধনের দিকে বিশেষভাবে গুরুত্ব দেওয়া হয়েছে। প্রতিটি অধ্যায়ের শুরুতে শিক্ষনফল যুক্ত করে শিক্ষার্থীর অর্জিতব্য জ্ঞানের ইজিত প্রদান করা হয়েছে এবং বিচিত্র কাহ্ন, সৃজনশীল প্রশ্ন ও ধন্যাদ্য প্রশ্ন সহযোগিতা করে মূল্যায়নকে সৃজনশীল করা হয়েছে।

সত্যাতর শুরুর থেকেই প্রযুক্তি বিকাশের বে অধ্যায় শুরুর হয়েছে তার সাথে পদার্থবিজ্ঞান তত্ত্বপ্রোতভাবে জড়িত। প্রকৌশলশাস্ত্র, চিকিৎসা-বিজ্ঞান, জ্যোতির্বিজ্ঞান, সমুদ্রবিজ্ঞান, জীববিজ্ঞান, মনোবিজ্ঞান সর্বত্র পদার্থবিজ্ঞানের পশ্চতি ও যন্ত্রপাতির গুরুত্ব ব্যবহার রয়েছে। মূলত এ বিষয়গুলোকে সামনে রেখেই পদার্থবিজ্ঞান পাঠ্যপুস্তকটি প্রণয়ন করা হয়েছে। এছাড়া পাঠ্যপুস্তকটি রচনায় আমাদের চারপাশে সংঘটিত বিভিন্ন ঘটনার আলোকে পদার্থবিজ্ঞানের তাত্ত্বিক দিকগুলো ব্যাখ্যা করা হয়েছে। পাশাপাশি বিভিন্ন অনুসন্ধানমূলক কার্যক্রমের মাধ্যমে বিষয়টির ব্যবহারিক গুরুত্ব কুল ধরা হয়েছে। এই পাঠ্যপুস্তকের বিষয়বস্তু শিক্ষার্থীকে তবিষাতে এ বিষয় সম্পর্কে আরও বেশি আগ্রহী হতে অনুপ্রাণিত করবে। বানাসের ক্ষেত্রে অনুসৃত হয়েছে বাংলা একাডেমি কর্তৃক প্রণীত বানানরীতি।

একবিংশ শতকের অঙ্গীকার ও প্রত্যয়কে সামনে রেখে পরিমার্জিত শিক্ষাক্রমের আলোকে পাঠ্যপুস্তকটি রচিত হয়েছে। শিক্ষাক্রম উন্নয়ন একটি ধারাবাহিক প্রক্রিয়া এক এর ভিত্তিতে পাঠ্যপুস্তক রচিত হয়। সম্প্রতি যৌক্তিক মূল্যায়ন ও টাই অর্টি কার্যক্রমের মাধ্যমে সত্শাধন ও পরিমার্জন করে পাঠ্যপুস্তকটিকে ত্রুটিমুক্ত করা হয়েছে- যার প্রতিফলন বইটির বর্তমান সত্শকরণে পাওয়া যাবে।

পাঠ্যপুস্তকটি রচনা, সম্পাদনা, চিত্রাঙ্কন, নমুনা প্রশ্নাদি প্রণয়ন, পরিমার্জন ও প্রকাশনার কাজে বরা আন্তরিকভাবে মেধা ও শ্রম দিয়েছেন তাঁদের ধন্যবাদ জ্ঞাপন করছি। পাঠ্যপুস্তকটি শিক্ষার্থীদের আনন্দিত পাঠ ও প্রত্যাশিত দক্ষতা অর্জন নিশ্চিত করবে বলে আশা করি।

প্রফেসর নারায়ণ চন্দ্র সাহা

চেয়ারম্যান

জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড, বাংলাদেশ

সূচিপত্র

অধ্যায়	বিষয়বস্তু	পৃষ্ঠা
প্রথম	ভৌত রাশি ও পরিমাপ	১
দ্বিতীয়	গতি	২৫
তৃতীয়	বল	৪৭
চতুর্থ	কাজ, ক্ষমতা ও শক্তি	৬৬
পঞ্চম	পদার্থের অবস্থা ও চাপ	৮৬
ষষ্ঠ	বস্তুর উপর তাপের প্রভাব	৯৯
সপ্তম	তরঙ্গ ও শব্দ	১১৩
অষ্টম	আলোর প্রতিফলন	১২৫
নবম	আলোর প্রতিসরণ	১৪১
দশম	স্থির তড়িৎ	১৬০
একাদশ	চল তড়িৎ	১৭৫
দ্বাদশ	তড়িৎের চৌম্বক ক্রিয়া	১৯৮
ত্রয়োদশ	আধুনিক পদার্থবিজ্ঞান ও ইলেকট্রনিক্স	২০৯
চতুর্দশ	জীবন বাঁচাতে পদার্থবিজ্ঞান	২২৭

প্রথম অধ্যায়

ভৌত রাশি ও পরিমাপ

PHYSICAL QUANTITIES AND MEASUREMENT



[আমাদের দৈনন্দিন জীবনের প্রতিটি কাজে বিজ্ঞান ভিত্তিকভাবে অভ্যস্ত। ভোরের টুথপেস্ট থেকে শুরু করে সন্ধ্যায় ঘুমের ইন্টারনেট, মোবাইলসহ রাতের টেলিভিশন সবই বৈজ্ঞানিক আবিষ্কারের ফসল। বিজ্ঞান মানব জীবনকে করেছে সুন্দর ও সমৃদ্ধ, বাড়িয়ে দিয়েছে আরাম-আয়েশ এবং সুখ-স্বাস্থ্য। কিন্তু বিজ্ঞানের এই সমৃদ্ধি একদিনে সঙ্কট হয়েছিল। প্রাচীনকাল থেকে অগণিত বিজ্ঞানীর নিরলস সাধনার ফলে বিজ্ঞান আমাদের এই অবস্থানে এসে পৌঁছেছে। এই অধ্যয়ে আমরা সেই প্রাচীনকাল থেকে শুরু করে ভৌতবিজ্ঞানের বিশেষ করে পদার্থবিজ্ঞানের বিকাশের একটি সর্বাঙ্গীত অঙ্ক ধারাবাহিক ইতিহাস বর্ণনার মাধ্যমে সেই সব নিবেদিতপ্রাণ বিজ্ঞানীদের কাজের সাথে পরিচয় ঘটানোর চেষ্টা করব।

আমাদের দৈনন্দিন জীবনে প্রায় প্রতিটি কাজের সাথে মাপ-জোখের ব্যাপারটি জড়িত। এই মাপ-জোখের বিষয়টিকে কী হয় পরিমাপ। পদার্থবিজ্ঞানের প্রায় সকল পন্থীকণ্ঠেই বিভিন্ন রাশি পরিমাপ করতে হয়। এই অধ্যয়ে আমরা পরিমাপ, পরিমাপের একক, এককের আন্তর্জাতিক পদ্ধতি, পরিমাপের বিভিন্ন যন্ত্র ও এদের ব্যবহার আলোচনা করব।]

এই অধ্যায় পাঠ শেষে আমরা—

১. পদার্থবিজ্ঞানের পরিসর ও ক্রমবিকাশ ব্যাখ্যা করতে পারব।
- ২.
৩. ভৌত রাশি [মান এবং এককসহ] পদার্থবিজ্ঞানের মূল ভিত্তি ব্যাখ্যা করতে পারব।
- ৪.
৫. মৌলিক রাশি ও লব্ধ রাশির পার্থক্য ব্যাখ্যা করতে পারব।
৬. পরিমাপের আন্তর্জাতিক একক ব্যাখ্যা করতে পারব।
৭. রাশির মাত্রা হিসাব করতে পারব।
৮. এককের উপসর্গের গুণিতক ও উপগুণিতকের হ্রাসপতনের হিসাব করতে পারব।
৯. বৈজ্ঞানিক পরিভাষা, প্রতীক এবং চিহ্ন ব্যবহার করে পদার্থবিজ্ঞানের ধারণা এবং তত্ত্বকে প্রকাশ করতে পারব।
১০. যন্ত্রপাতি ব্যবহার করে ভৌতরাশি পরিমাপ করতে পারব।
১১. পরিমাপের যথার্থতা, নির্ভুলতা বজায় রাখার কৌশল ব্যাখ্যা করতে পারব।
১২. সরল যন্ত্রপাতি ব্যবহার করে সূচক আকৃতির বস্তুকে ক্ষেত্রফল ও আয়তন নির্ণয় করতে পারব।
১৩. দৈনন্দিন জীবনে ব্যবহৃত সূচক আকৃতির বস্তুসমূহের দৈর্ঘ্য, ভর, ক্ষেত্রফল ও আয়তন নির্ণয় করতে পারব।

১.১ পদার্থবিজ্ঞান

Physics

বিজ্ঞানের যে শাখার পদার্থ ও শক্তি নিয়ে আলোচনা করা হয় সেই শাখাকে বলা হয় পদার্থবিজ্ঞান। পদার্থবিজ্ঞানের মূল লক্ষ্য হচ্ছে পর্ববেক্ষণ, পরীক্ষণ ও বিশ্লেষণের আলোকে কস্তু ও শক্তির বৃহৎস্তর ও সম্পর্ক উদ্ঘাটন এবং পরিমাপমতভাবে তা প্রকাশ করা।

পদার্থবিজ্ঞানের পরিসর

বিজ্ঞানের চাবিকাঠি হলো পদার্থবিজ্ঞান। পদার্থবিজ্ঞান হচ্ছে বিজ্ঞানের একটি মৌলিক শাখা কেননা এর নীতিগুলোই বিজ্ঞানের অন্যান্য শাখাসমূহের ভিত্তি তৈরি করেছে। উদাহরণস্বরূপ, শক্তির সত্ত্বাকপথীলতা নীতি হচ্ছে পদার্থবিজ্ঞানের একটি মূল নীতি যা হচ্ছে পরমাণুর গঠন থেকে শুরু করে আবহাওয়ার পূর্বভাস প্রদান পর্যন্ত বিজ্ঞানের বিস্তৃত এলাকার মূল ভিত্তি। প্রকৌশলশাস্ত্র থেকে শুরু করে চিকিৎসা বিজ্ঞান, জ্যোতির্বিজ্ঞান থেকে শুরু করে সমুদ্রবিজ্ঞান, জীববিজ্ঞান থেকে শুরু করে মনোবিজ্ঞান সর্বত্র পদার্থবিজ্ঞানের পদ্ধতি ও যন্ত্রপাতির প্রবৃত্ত ব্যবহার রয়েছে। গঠন পঠনের সুবিধার জন্য পদার্থবিজ্ঞানকে আমরা প্রধানত নিম্নোক্ত শাখাগুলোতে ভাগ করতে পারি : (১) কণিকাজ্ঞান (২) ভাস ও ভাসপটবিজ্ঞান (৩) শব্দবিজ্ঞান (৪) আলোকবিজ্ঞান (৫) তড়িত চৌম্বকবিজ্ঞান (৬) কঠিন অবস্থার পদার্থবিজ্ঞান (৭) পরমাণবিক পদার্থবিজ্ঞান (৮) নিউক্লীয় পদার্থবিজ্ঞান (৯) কোয়ান্টাম পদার্থবিজ্ঞান (১০) ইস্টেক্ট্রনিক ইত্যাদি।

পদার্থবিজ্ঞানের ঐতিহ্য

আধুনিক সভ্যতা বিজ্ঞানের ফসল। বিজ্ঞানের এই অগ্রগতির পেছনে রয়েছে বিজ্ঞানীদের অসম্পন্ন পরিশ্রম, নানা আবিষ্কার ও উদ্ভাবন। বিজ্ঞানের কোনো জাতীয় বা রাজনৈতিক সীমা নেই। বিজ্ঞানের উন্নতি, সমৃদ্ধি ও কল্যাণ সকল জাতির সকল মানুষের জন্য। প্রাচীনকাল থেকেই বিজ্ঞানীরা বিজ্ঞানের উন্নয়নে অবদান রেখে আসছেন। আমরা এই অনুচ্ছেদে পদার্থবিজ্ঞানীদের অবদান কুসে ধরতে চেষ্টা করব। খ্রিস্টপূর্ব ৬২৪-৫৬৬ সূর্যগ্রহণ সম্পর্কিত তথ্যবিবরণী জন্য বিখ্যাত। তিনি গোল্ডস্টোনের চৌম্বক ধর্ম সম্পর্কেও জানতেন। বিজ্ঞানের ইতিহাসে পিথাগোরাস (খ্রিস্টপূর্ব ৫২৭-৪৬৭) একটি ঋণীয় নাম। বিভিন্ন জ্যামিতিক উপপাদ্য হাড়াও কম্পান তারের উপর তাঁর কাজ অধিক স্বাক্ষরিত অবদান রাখতে সক্ষম হয়েছিল। বর্তমানে বায়োস্কোপ ও সংগীত বিষয়ক যে স্কোল রয়েছে তা তারের কম্পন বিষয়ক তাঁর অনুসন্ধানের আংশিক অবদান।

গ্রিক দার্শনিক ডেমোক্রিটাস (খ্রিস্টপূর্ব ৪৬০-৩৭০) ধারণা সেন যে পদার্থের অবিভাজ্য একক রয়েছে। তিনি একে নাম সেন এটম বা পরমাণু। পরমাণু সম্পর্কে তাঁর এই ধারণা বর্তমান ধারণার চেয়ে সম্পূর্ণ আলাদা হলেও বেশ তাৎপর্যপূর্ণ।

গ্রিক বিজ্ঞানী আর্কিমিডিস (খ্রিস্টপূর্ব ২৮৭-২১২) পিটারের নীতি ও তারের নিম্নজিত বস্তুত উপর ক্রিয়ালীল উত্থানী বস্তুত সূত্র আবিষ্কার করে হাটুর ভেজাল নির্ণয়ে সক্ষম হন। তিনি সেনীয় দর্পণের সাহায্যে সূর্যের রশ্মি কেন্দ্রীভূত করে আগুন ধরানোর কৌশলও জানতেন।

আর্কিমিডিসের পর কয়েক শতাব্দীকাল বৈজ্ঞানিক আবিষ্কার মন্ডর গতিতে চলে। প্রকৃতপক্ষে রায়মোশ শতাব্দীর পূর্বে ইউরোপে বৈজ্ঞানিক অনুসন্ধানের পুনরীকন ঘটেনি। এই সময় পশ্চিম ইউরোপীয় সভ্যতা বইজ্ঞানটাইন ও মুসলিম সভ্যতার জ্ঞানের দ্বারা বিশেষভাবে গ্রহণ করেছিল। আরবরা বিজ্ঞান, গণিত, জ্যোতির্বিদ্যা, রসায়ন ও চিকিৎসা বিজ্ঞানেও বিশেষ পরদর্শী ছিলেন। এই সময় পদার্থবিজ্ঞানের একটি শাখা আলোক তত্ত্বের ক্ষেত্রে ইবনে আল হাইথাম

(৯৬৫-১০৬৯) এবং আল হাজেন (৯৬৫-১০৩৮) এর অবদান বিশেষ উল্লেখযোগ্য। টলেমি (১২৭-১৫১) ও অন্যান্য প্রাচীন বিজ্ঞানীরা বিশ্বাস করতেন যেকোনো বস্তু দেখার জন্য চোখ নিজে আলোক রশ্মি পাঠায়। আল হাজেন এই মতের বিরোধিতা করেন এবং বলেন বস্তু থেকে আমাদের চোখে আলো আসে বলেই আমরা বস্তুকে দেখতে পাই। আতশি কাচ নিয়ে পরীক্ষা তীকে উত্তল লেন্সের আধুনিক তত্ত্বের কাছাকাছি নিয়ে আসে। আল-মাসুদী (৯৯৬-৯৫৬) প্রকৃতির ইতিহাসে সম্পর্কে একটি এনসাইক্লোপিডিয়া লেখেন। এই বইয়ে বায়ুকেলের উদ্ভেদ পাওয়া যায়। কতমানে পৃথিবীর অনেক সেনে এই বায়ুকেলের সাহায্যে তড়িৎশক্তি উৎপাদন করা হচ্ছে।

রবার্ট বেকন (১২১৪-১২৯৪) ছিলেন পরীক্ষামূলক বৈজ্ঞানিক পদ্ধতির প্রবর্তা। তাঁর মতে পর্যবেক্ষণ ও পরীক্ষণের মাধ্যমেই বিজ্ঞানের সব সত্য খোঁজা যায়। সিউনার্দো দ্য তিকি (১৪৫২-১৫১৯) পনেরো শতকের শেষদিকে পশ্চিম উদ্ভা পর্ববেক্ষণ করে উড়োজাহাজের একটি মডেল তৈরি করেছিলেন। তিনি মূলত একজন চিত্রশিল্পী হলেও কাবিন্দ্য সম্পর্কে তাঁর উদ্ভেদযোগ্য জ্ঞান ছিল। ফলে তিনি কিছু সাধারণ যন্ত্র দক্ষতার সাথে উদ্ভাবন করতে সক্ষম হন।

গ্যালিলিও - নিউটনীয় যুগে এবং তারও আগে সংখ্যক কম হলেও কয়েকজন পদার্থবিজ্ঞানী জনগ্রহণ করেন। বিজ্ঞানের অগ্রযাত্রায় তারা অপরিসীম অবদানও রাখেন। ডা. গিলবার্ট (১৫৪০-১৬০৩) চুম্বকত্ব নিয়ে কিতোরিত গবেষণা ও তত্ত্ব প্রদানের জন্য চিরস্মরণীয় হয়ে আছেন। আলোর প্রতিসরণের সূত্র আবিষ্কার করেন জর্দানির ব্রেল (১৫৯১-১৬২৬)। হাইগেন (১৬২৬-১৬৯৫) সেলস্কীপ গতি পরীক্ষাচলনা করেন, ছড়ির যান্ত্রিক বৌশলের বিকাশ ঘটান এবং আলোর তরঙ্গ তত্ত্বের উদ্ভাবন করেন। রবার্ট হুক (১৬৩৫-১৭০৩) পদার্থের স্থিতিস্থাপক ধর্মের অনুসন্ধান করেন। বিভিন্ন চাপে গ্যাসের ধর্ম বের করার জন্য পরীক্ষা-নিরীক্ষা চালান রবার্ট বয়েল (১৬২৭-১৬৯১)। জন গুয়েরিক (১৬০২-১৬৮৬) বায়ু গ্যাস আবিষ্কার করেন। রোমার (১৬৪৪-১৭১০) বুধশক্তির একটি উপগ্রহের গ্রহণ পর্যবেক্ষণ করে আলোর বেগ পরিমাপ করেন, কিন্তু তাঁর সমসাময়িক বিজ্ঞানীদের কেউই বিশ্বাস করেননি যে আলোর বেগ এত বেশি হতে পারে।

কোপার্নিকাস যে সৌরকেন্দ্রিক তত্ত্বের ধারণা উপস্থাপন করেন কেপলার (১৫৭১-১৬৩০) সেই ধারণার সাধারণ গাণিতিক বর্ণনা দেন তিনিই সূত্রের সাহায্যে। কেপলারের সাক্ষ্যের মূল ভিত্তি হলো, তিনি প্রস্তুত বৃত্তাকার কক্ষপথের পরিবর্তে উপবৃত্তাকার কক্ষপথ কল্পনা করেন। গ্রহদের গতিপথ সম্পর্কে তাঁর গাণিতিক সূত্রগুলোর সত্যতা তিনি খোঁজা করেছেন তার গুরু টাইকোব্রাহের (১৫৪৬-১৬০১) পর্যবেক্ষণ লব্ধ তথ্যের দ্বারা।

আধুনিক বৈজ্ঞানিক পদ্ধতির সূচনা ঘটে ইতালির বিখ্যাত বিজ্ঞানী গ্যালিলিওর (১৫৬৪-১৬৪২) হাতে। তিনিই প্রথম দেখান যে পর্যবেক্ষণ, পরীক্ষণ এবং সুশৃঙ্খলভাবে ত্রুটি রাশির সজ্ঞা গ্রহণ ও এদের মধ্যে সম্পর্ক নির্ধারণ বৈজ্ঞানিক কর্মের মূল ভিত্তি। গাণিতিক তত্ত্ব নির্ধারিত ও পরীক্ষার মাধ্যমে সে তত্ত্বের সত্যতা খোঁজার বৈজ্ঞানিক ধারণার সূচনা করেন গ্যালিলিও। আর এর পূর্ণতা দান করেন নিউটন (১৬৪২-১৭২৭)। গ্যালিলিও সরণ, গতি, ত্বরণ, সময় ইত্যাদির সজ্ঞা প্রদান ও এদের মধ্যে সম্পর্ক নির্ধারণ করেন। ফলে তিনি কস্তুর পতনের নিয়ম আবিষ্কার ও সৃতিবিদ্যার ভিত্তি স্থাপন করেন। নিউটন তাঁর বিময়কর প্রতিভার দ্বারা আবিষ্কার করেন কাবিন্দ্য ও কাবিন্দ্যের বিখ্যাত তিনটি সূত্র এবং বিশ্বজনীন মহাকর্ষ সূত্র। অলোক, তাপ ও শব্দবিজ্ঞানেও তার অবদান আছে। গণিতের নতুন শাখা ক্যালকুলাসও তাঁর আবিষ্কার।

অষ্টাদশ ও ঊনবিংশ শতাব্দীর আবিষ্কার ও উদ্ভাবন ইউরোপকে শিখ বিপ্লবের দিকে নিয়ে যায়। জেমস ওয়াটের (১৭৩৬-১৮১৯) আবিষ্কৃত বাষ্পীয় ইঞ্জিন শিখ বিপ্লবের ক্ষেত্রে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। হ্যান্স ক্রিস্টিয়ান ওয়েরস্টেড (১৭৭৭-১৮৫১) সেখান যে, তড়িৎ প্রবাহের চৌম্বক ক্রিয়া আছে। এই আবিষ্কার মাইকেল ফারাডে (১৭৯১-১৮৬৭), হেনরী (১৭৯৭-১৮৭৯) ও লেন্সকে (১৮০৪-১৮৬৫) পরিচালিত করে চৌম্বক ক্রিয়া তড়িৎ প্রবাহ উৎপাদন করে এই ঘটনা আবিষ্কারের দিকে। আসলে এটি হলো যান্ত্রিক শক্তিকে তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরের প্রক্রিয়া আবিষ্কার।

১৮৬৪ সালে জেমস ক্লার্ক ম্যাক্সওয়েল (১৮৩১-১৮৭৯) দেখান যে, আলো এক প্রকার তড়িতচৌম্বক তরঙ্গ। তিনি তড়িৎ ক্ষেত্র ও চৌম্বক ক্ষেত্রকে একীভূত করে তড়িতচৌম্বক তত্ত্বের বিকাশ ঘটান। ১৮৮৮ সালে হেনরিখ হার্টজ (১৮৫৭-১৮৯৪) একই রকম বিকিরণ উৎপাদন ও উদ্ভাটন করেন। ১৮৯৬ সালে মার্কনী (১৮৭৪-১৯৩৭) এ রকম তরঙ্গ ব্যবহার করে অধিক দূরত্বে মোস্কোভে সংকেত পাঠানোর ব্যবস্থা করেন। তারও আগে বাঙালি বিজ্ঞানী জগদীশ চন্দ্র বসু (১৮৫৮ - ১৯৩৭) তড়িতচৌম্বক তরঙ্গের মাধ্যমে এক স্থান থেকে অন্য স্থানে শক্তি প্রেরণ করতে সক্ষম হন। এভাবে বেতার যোগাযোগ জনপ্রিয় করে। ঊনবিংশ শতাব্দীর শেষের দিকে রনল্ডেন (১৮৪৫-১৯২০) এক-রে এবং বেকেরেল (১৮৫২-১৯০৮) ইউরেনিয়ামের তেজস্ক্রিয়তা আবিষ্কার করেন।

বিশ শতাব্দীতে পদার্থবিজ্ঞানের বিস্ময়কর অগ্রগতি ঘটে। ম্যাক্স প্লাঙ্ক (১৮৫৮-১৯৪৭) আবিষ্কার করেন বিকিরণ সজ্জাস্ত কোয়ান্টাম তত্ত্ব। আলবার্ট আইনস্টাইন (১৮৭৯-১৯৫৫) প্রদান করেন আপেক্ষিক তত্ত্ব। এই দুই তত্ত্ব আদেবর পরীক্ষালব্ধ ফলাফলকেই শুধু ব্যাখ্যা করেনি, এমন ভবিষ্যদ্বাণীও প্রদান করেছে যা পরে আরো পরীক্ষা নিরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত হয়েছে। আর্নেস্ট রাদারফোর্ডের (১৮৭১-১৯৩৭) পরমাণু বিস্ময়কর তত্ত্ব ও নিলস বোরের (১৮৮৫ - ১৯৬২) হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন স্তরের ধারণা পারমাণবিক পদার্থবিজ্ঞানের অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ ধাপ ছিল।

পরবর্তী গুরুত্বপূর্ণ আবিষ্কার ঘটে ১৯৩৮ সালে। এই সময় গট্টো হান (১৮৭৯-১৯৬৮) ও স্ট্রেনম্যান (১৯০২-১৯৮০) বের করেন যে, নিউক্লিয়াস ফিশনযোগ্য। ফিশনের ফলে একটি বড় ভর সংখ্যাযুক্ত নিউক্লিয়াস প্রায় সমান ভর সংখ্যা বিশিষ্ট দুটি নিউক্লিয়াসে রূপান্তরিত হয় এবং নিউক্লিয়াসের তরঙ্গের একটি অংশ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়- জন নেয় নিউক্লীয় বোমা ও নিউক্লীয় চুল্লির। বর্তমানে আমরা নিউক্লিয়াস থেকে যে শক্তি পাই তা অতীতের সকল উৎস থেকে প্রাপ্ত শক্তির তুলনায় বিপুল। দিন দিন নিউক্লীয় শক্তি শক্তির একটি প্রধান উৎস হিসেবে পরিগণিত হচ্ছে। এই শতাব্দীতেই তাত্ত্বিক পদার্থবিজ্ঞানে বিকাশ লাভ করেছে কোয়ান্টাম তত্ত্ব, আপেক্ষিক তত্ত্ব প্রভৃতি। ঢাকা বিশ্ববিদ্যালয়ের পদার্থবিজ্ঞানের প্রফেসর সত্যেন্দ্র নাথ বসু (১৮৯৪-১৯৭৪) তাত্ত্বিক পদার্থবিজ্ঞানে গুরুত্বপূর্ণ অবদান রাখেন। তিনি প্রাক্তনের বিকিরণ সূত্রের বিকল্প প্রতিপাদন উপস্থাপন করেন। তার আরেকটি তত্ত্ব বোস-আইনস্টাইন সংখ্যায়ন নামে পরিচিত। তাঁর অবদানের স্বীকৃতি স্বরূপ একপ্রেশির মৌলিক কণাকে তাঁর নামানুসারে “বোসন” বলা হয়। সিনদন নোবেল পুরস্কার বিজয়ী পদার্থবিজ্ঞানী পাকিস্তানের প্রফেসর আবদুস সালাম (১৯২৬-১৯৯৬), মার্কিন যুক্তরাষ্ট্রের শেলডন গ্ল্যাশো (১৯৩২-) এবং স্টিভেন ওয়াইনবার্গ (১৯৩৩-) একীভূত ক্ষেত্রতত্ত্বের কোয়ান্টাম মৌলিক কণাসমূহকে একত্রীকরণের ক্ষেত্রে তাত্ত্বিক দুর্বল বল আবিষ্কার করে অসামান্য অবদান রাখেন। তারও আগে তরঙ্গীয় নোবেল পুরস্কার বিজয়ী পদার্থবিজ্ঞানী চন্দ্রশেখর ভেঙ্কট রমন (১৮৮৮-১৯৭০) রমনপ্রভাব আবিষ্কার করেন। বিশ শতাব্দীতে চিকিৎসা বিজ্ঞানের অগ্রগতিতে পদার্থবিজ্ঞান রাখছে গুরুত্বপূর্ণ অবদান। চিকিৎসাবিজ্ঞানের বিভিন্ন যন্ত্রপাতি আবিষ্কারের

পাশাপাশি ভেজমিক্স আইসোটোপ বিভিন্ন চিকিৎসায় ব্যবহৃত হয়ে রোগ নিরাময়ের ক্ষেত্রেও অসামান্য অবদান রাখছে। বিশ শতাব্দীতে পদার্থবিজ্ঞানের আরেকটি গুরুত্বপূর্ণ অগ্রগতি মহাশূন্যে অভিযান। টানে মানুষের পদার্থ থেকে শুরু করে মজল গ্রহে অভিযানসহ মহাশূন্য টেশনে মাসের পর মাস মানুষের বসবাস জানের ক্ষেত্রে অসামান্য অগ্রগতি। কৃত্রিম উপগ্রহ আবহাওয়ার পূর্বাভাস দানে কিংবা যোগাযোগকে সহজ করতে চমৎকার অবদান রাখছে।

আর ইলেকট্রনিক্স তো আমাদের দৈনন্দিন জীবনে নিয়ে এসেছে বিপ্লব, পাশ্চিমে দিচ্ছে জীবন যাপন প্রণালি।

রেডিও, টেলিভিশন, ডিজিটাল ক্যামেরা, মোবাইল ফোন, আইগ্যাড আর কম্পিউটারের কথা এখন ঘরে ঘরে। বিভিন্ন ইলেকট্রনিক সরঞ্জাম ও কম্পিউটার মানুষের ক্ষমতাকে অনেকখানি বাড়িয়ে দিয়েছে।

১.২ পদার্থবিজ্ঞানের উদ্দেশ্য

Objectives of Physics

পদার্থবিজ্ঞান প্রকৃতির রহস্য উন্মোচন করে : পদার্থবিজ্ঞান হচ্ছে বিজ্ঞানের একটি মৌলিক শাখা কেননা এর নীতিগুলোই বিজ্ঞানের অন্যান্য শাখাসমূহের ভিত্তি তৈরি করেছে। উদাহরণস্বরূপ, শক্তির সজ্জকনশীলতা নীতি হচ্ছে পদার্থবিজ্ঞানের একটি মূল নীতি যা হচ্ছে পরমাণুর অত্যন্ততরের অবস্থা থেকে শুরু করে আবহাওয়ার পূর্বাভাস দান পর্যন্ত বিজ্ঞানের বিস্তৃত এলাকার মৌল ভিত্তি।

যদিও পদার্থ ও শক্তির অধ্যয়নই পদার্থবিজ্ঞানের মূল কাজ বলে বর্ণনা করা যায়, কিন্তু পদার্থবিজ্ঞানের আসল উদ্দেশ্য হচ্ছে প্রকৃতির রহস্য উন্মোচন তথা প্রকৃতির নিয়মগুলো অনুধাবন করা। বিশ শতাব্দীর শুরুতে পদার্থবিজ্ঞানীরা আবিষ্কার করলেন যে, পরমাণু ধনাত্মকভাবে আহিত নিউক্লিয়াস দ্বারা গঠিত যার চারপাশে ইলেকট্রন ঘোরে। পরবর্তী পরীক্ষা নিরীক্ষা থেকে পাওয়া যায় যে, নিউক্লিয়াস প্রোটন ও নিউট্রন দ্বারা গঠিত। এখন পদার্থবিজ্ঞানীরা আবিষ্কার করছেন যে, প্রোটন ও নিউট্রন আরও ক্ষুদ্র কণা দ্বারা গঠিত।

পদার্থবিজ্ঞানের গবেষণা প্রাকৃতিক ঘটনাগুলোকে ভালোভাবে বুঝতে এবং ব্যাখ্যা করতে যেমন সাহায্য করে তেমনি বিজ্ঞানের অন্যান্য শাখায় তার প্রয়োগ গুরুত্বপূর্ণ অবদান রাখে। বিজ্ঞানের অন্যান্য শাখায় পদার্থবিজ্ঞানের ব্যবহারই সম্ভবত পদার্থবিজ্ঞানকে বর্তমান বিজ্ঞানের যুগে এর কেন্দ্রে পরিণত করেছে। উনিশ শতকের শেষার্ধ্বে ইলেকট্রনের আবিষ্কারই ইলেকট্রন মাইক্রোস্কোপের উদ্ভাবন ঘটিয়েছে যা কস্তুবিজ্ঞান ও কোষ-জীববিজ্ঞানে বিপ্লব এনেছে।

একসিকে পদার্থবিজ্ঞানে যেমন তত্ত্ব সৃষ্টি ও গণিতের প্রয়োগ আছে অপর দিকে এতে ব্যবহারিক উন্নয়ন বা বিকাশ যেমন, প্রকৌশলশাস্ত্রও রয়েছে। রসায়ন, জু-তত্ত্ব বিজ্ঞান, জ্যোতির্বিজ্ঞান, আবহাওয়াবিজ্ঞান ইত্যাদি সম্পর্কে মৌলিক ব্যাখ্যা ও ধারণা গঠনে পদার্থবিজ্ঞান অত্যন্ত প্রয়োজনীয়। এছাড়া জীববিজ্ঞান, সমুদ্রবিজ্ঞান, মনোবিজ্ঞান ও চিকিৎসাবিজ্ঞানে পদার্থবিজ্ঞানের পশ্চি ও যন্ত্রণাতির প্রভূত ব্যবহার রয়েছে।

পদার্থবিজ্ঞান প্রকৃতির নিয়মগুলো বর্ণনা করে : আমরা যে প্রাকৃতিক জগতে বাস করি, তা কতগুলো নির্দিষ্ট নিয়ম যেমন নিউটনের মহাকর্ষ সূত্র, শক্তির সজ্জকনশীলতা নীতি ইত্যাদি মেনে চলে। আমরা আমাদের ব্যক্তিগত অভিজ্ঞতা লাভের মাধ্যমে শিশুকাল থেকে এইসব নিয়মনীতি শিখে আসছি। এই জ্ঞান আমাদের জীবনের জন্য অত্যাবশ্যক। প্রকৃতির

কাজের নিয়ম—কোন অমরা পাণ্ডাতে পরি না, নিয়মগুলোকে আমরা কাজে লাগাতে পরি। এখন্য প্রয়োজন নিয়মগুলো সম্পর্কে আমাদের প্রচুর জ্ঞান। এছাড়াও আমাদের বাসভূমি এই পৃথিবীতে অনুসন্ধান চালায় পদার্থবিজ্ঞান।

পদার্থবিজ্ঞানের মৌলিক সূত্রগুলো অনুসরণে প্রযুক্তির উন্নতি ঘটে। টেলিভিশন কী করে কাজ করে, রকেট কী করে মহাশূন্যে উড়ে যায়, কৃত্রিম উপগ্রহ কীভাবে পৃথিবীর চারপাশে ঘোরে, ইন্টারনেট দিয়ে কীভাবে মুহূর্তে পৃথিবীর একপ্রান্ত থেকে অন্যপ্রান্তে ঘুরে আসা যায়, মোবাইল ফোন কীভাবে কাজ করে, সাবমেরিন কীভাবে পানিতে ডুবে থাকে ইত্যাদি বুঝতে হলে আমাদের পদার্থবিজ্ঞানের মৌলিক সূত্রগুলো জানতে হবে। এই সব প্রযুক্তির উদ্ভাবনের মূলে কাজ করেছে পদার্থবিজ্ঞানে আবিষ্কৃত নিয়মাবলি।

পদার্থবিজ্ঞান অধ্যয়ন একটি প্রকৃষ্ট মানবিক প্রশিক্ষণ। পদার্থবিজ্ঞান পাঠে আমরা নতুন ধারণা শান্ত করতে পরি। কী করে চিন্তা করতে হয়, কারণ দর্শাতে হয়, যুক্তি দিতে হয়, কীভাবে যুক্তিবিজ্ঞান ও এর নিকট আত্মীয় গণিতকে কাজে লাগাতে হয় পদার্থবিজ্ঞান তা আমাদের শিখিয়ে থাকে। এটি আমাদের বন্ধনকে উন্মীলিত করে এবং চিন্তা শক্তির বিকাশ ঘটায়।

পদার্থবিজ্ঞান আমাদের পর্ববেক্ষণ করতে শেখায়। পদার্থবিজ্ঞান পাঠের মাধ্যমে আমরা আমাদের পর্ববেক্ষণ ক্ষমতা বৃদ্ধি করতে পরি। কী করে সঠিক পদ্ধতিগত পর্ববেক্ষণ করতে হয়, পদার্থবিজ্ঞান পাঠে তা আমরা জানতে পরি।

১.৩ তৌত রাশি

Physical quantities

এ তৌত জগতে যা কিছু পরিমাপ করা যায় তাকে আমরা রাশি বলি। যেমন তোমার সামনের ডেস্কের সৈর্ধ্য পরিমাপ করা যায়, সৈর্ধ্য একটি রাশি। তোমার দেহের ভর পরিমাপ করা যায়, ভর একটি রাশি। ভূমি কতক্ষণ ধরে শুকো আছে সেই সময় মাশা যায়, সময় একটি রাশি। ভূমি যদি একটি বইকে উপরে উঠাও, তাহলে কতটুকু কাজ করলে তা পরিমাপ করা যায়, সূতরাং কাজ একটি রাশি। এ তৌত জগতে এতুপ বহু রাশি আছে। এই সকল রাশির মধ্যে মাত্র কয়েকটি রাশি আছে যেগুলো পরিমাপ করতে অন্য কোনো রাশির সাহায্য প্রয়োজন হয় না। এ রাশিগুলো মৌলিক রাশি। যেমন ডেস্কের সৈর্ধ্য মাপতে গেলে কেবল সৈর্ধ্য মাপলেই চলে। এ সৈর্ধ্য মাপার জন্য অন্য কোনো রাশি মাপতে হয় না বা অন্য কোনো রাশির সাহায্য সরকার হয় না। সূতরাং সৈর্ধ্য একটি মৌলিক রাশি। অপরদিকে কয়েকটি রাশি ছাড়া অন্য যে সকল রাশি আছে সেগুলো মাপতে হলে অন্য রাশির সরকার হয়। যেমন তোমার ঘনত্ব পরিমাপ করতে হলে এক খণ্ড তোমার ভর এবং আয়তন পরিমাপ করতে হবে এবং ভরকে আয়তন দিয়ে ভাগ করে ঘনত্ব বের করতে হবে। আবার আয়তন মাপতে হলে সৈর্ধ্য, প্রস্থ ও উচ্চতা মাপতে হবে অর্থাৎ তিনবার বা তিনদিকে সৈর্ধ্য মাপতে হবে। সূতরাং, দেখা যাচ্ছে কিছু কিছু রাশি আছে, যেগুলো মূল রাশি, এগুলো অন্য রাশির উপর নির্ভর করে না। এই রাশিগুলোকে মৌলিক রাশি বলা হয়।

সূতরাং যে সকল রাশি স্বাধীন বা নিরপেক্ষ যেগুলো অন্য রাশির উপর নির্ভর করে না বরং অন্যান্য রাশি এদের উপর নির্ভর করে তাদেরকে মৌলিক রাশি বলে। জ্ঞান বিজ্ঞানের সকল শাখা প্রাণাধার মাপ-জোখের ক্ষেত্রে বিজ্ঞানীরা এতুপ

সাতটি রাশিকে মৌলিক রাশিরূপে চিহ্নিত করেছেন। এগুলো হলো (১) দৈর্ঘ্য (২) ভর (৩) সময় (৪) তাপমাত্রা (৫) তড়িৎ প্রবাহ (৬) নীপন তীব্রতা ও (৭) পদার্থের পরিমাণ।

আর অন্য সকল রাশি মৌলিক রাশিগুলো থেকে লাভ করা যায় অর্থাৎ এক বা একাধিক মৌলিক রাশির গুণফল বা ভাগফল থেকে প্রতিপাদন করা যায়। এদেরকে বলা হয় লব্ধ রাশি বা যৌগিক রাশি।

সুতরাং যে সকল রাশি মৌলিক রাশির উপর নির্ভর করে বা মৌলিক রাশি থেকে লাভ করা যায় তাদেরকে লব্ধ রাশি বলে।

বেগ, ত্বরণ, বল, কাজ, তাপ, তড়িৎ বিভব ইত্যাদি রাশিগুলো মৌলিক রাশিসমূহ থেকে লাভ করা যায় বলে এগুলো লব্ধ রাশি।

যেমন :

$$\begin{aligned}\text{বল} &= \text{ভর} \times \text{ত্বরণ} \\ &= \text{ভর} \times \frac{\text{বেগ}}{\text{সময়}} \\ &= \text{ভর} \times \frac{\text{দূরত্ব}}{\text{সময়}^2}\end{aligned}$$

সুতরাং, বল একটি লব্ধ রাশি।

১.৪ পরিমাপের একক

Units of measurements

আমাদের দৈনন্দিন জীবনে প্রায় প্রতিটি কাজের সাথে মাপ-জোখের ব্যাপারটি জড়িত। এ ছাড়াও বিভিন্ন গবেষণার কাজে প্রয়োজন হয় সূক্ষ্ম মাপ-জোখের। আমাদের দৈনন্দিন জীবনের এই মাপ-জোখের বিষয়টাকে বলা হয় পরিমাপ। সাধারণভাবে পরিমাপ বলতে বুঝায় কোনো কিছুর পরিমাণ নির্ণয় করা। যেমন, রিক্সুর বাড়ি থেকে স্কুলের দূরত্ব ৭০০ মিটার। পোহেল দোকান থেকে ৫ কিলোগ্রাম চাচি কিনে আসল। রিনার ক্লাস থেকে অফিস হুমে যেতে ৫০ সেকেন্ড সময় লাগে। এখানে ৭০০ মিটার হলো বাড়ি থেকে দূরত্বের পরিমাপ। ৫ কিলোগ্রাম হলো কিনে আসা চাচের ভরের পরিমাপ এবং ৫০ সেকেন্ড হলো সময়ের পরিমাপ। কোনো কিছুর পরিমাণ নির্ণয় করতে হলে আমাদের দুইটি জিনিসের প্রয়োজন হয়। একটি সার্থ্য আর একটি একক।

যেকোনো পরিমাপের জন্য প্রয়োজন একটি স্ট্যান্ডার্ড বা আদর্শ পরিমাপের যার সাথে তুলনা করে পরিমাপ করা যায়। পরিমাপের এই আদর্শ পরিমাপকে বলা হয় পরিমাপের একক। মনে করা যাক, কোনো লাঠির দৈর্ঘ্য ৪ মিটার। এখানে মিটার হলো দৈর্ঘ্যের একক এবং ১ মিটার বলতে কিছু একটা দৈর্ঘ্য আছে। আর লাঠির দৈর্ঘ্য ৪ মিটার বলতে বুঝায় লাঠিটির দৈর্ঘ্য ১ মিটারের ৪ গুণ। সময়, আয়তন, বেগ, ভর, বল, শক্তি, তাপমাত্রা, তড়িৎ প্রবাহ ইত্যাদি মাপার জন্য ভিন্ন ভিন্ন একক রয়েছে। এ এককগুলো এমনভাবে ঠিক করা হয়েছে যাতে এগুলো হয় সুবিধাজনক আকারের এক সহজে ও সঠিকভাবে তা গুনত্বপাদন করা যায়। এই এককের কয়েকটি ছাড়া বাকিগুলো আবার পরস্পর সম্পর্কযুক্ত।

এসআই (SI)-এর মৌলিক এককসমূহ :

মৌলিক রাশির এককসমূহ বেছে নেওয়া অন্য এককগুলোর উপর নির্ভর করে না, তাই মৌলিক একক ইচ্ছেমতো নির্বাচন করা যায়। কিন্তু সেই নির্বাচনের আন্তর্জাতিক স্বীকৃতি থাকতে হবে। এর কয়েকটি বৈশিষ্ট্যও থাকতে হবে। যেমন এটি হতে হবে অপরিবর্তী— স্থান, কাল, পাত্র কোনো কিছুর উপর নির্ভর করবে না। কালের বিবর্তনে বা অন্য কোনো প্রাকৃতিক পরিবর্তনের ফলে এর কোনো পরিবর্তন হবে না। সহজে এককটি গুনত্বপূর্ণ করা যাবে। 1960 সালে এককের আন্তর্জাতিক পদ্ধতি চালুর সময় মৌলিক এককগুলোর যে আদর্শ বা স্ট্যান্ডার্ড গ্রহণ করা হয়েছিল পরবর্তীকালে উপরোক্ত বৈশিষ্ট্যগুলো অর্জনের লক্ষ্যে এদের অনেকগুলোর আদর্শ বদল করা হয়েছে, কিন্তু তাতে এককগুলোর মাত্রার কোনো পরিবর্তন হয়নি। যেমন এখন আলোর অভিক্রান্ত দূরত্ব দিয়ে মিটারকে সংজ্ঞায়িত করা হয়, তার আগে এক প্রকার আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সাহায্যে মিটারের সংজ্ঞা দেওয়া হতো। তারও আগে প্যারিসের নিকেটে সাজেতে রাখা একটি দণ্ডের দৈর্ঘ্যকে মিটারের আদর্শ ধরা হতো। নিম্নে আন্তর্জাতিক পদ্ধতিতে মৌলিক এককগুলোর জন্য সর্বশেষ গৃহীত আদর্শ বর্ণনা করা হলো।

দৈর্ঘ্যের একক মিটার : শূন্যস্থানে আলো $\frac{1}{299\,792\,458}$ সেকেন্ডে যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে 1 মিটার (m) বলে।

ভরের একক কিলোগ্রাম : ফ্রান্সের সাজেতে ইন্টারন্যাশনাল ভয়েটস এন্ড মেজারসে রক্ষিত প্রটিনাম-ইরিডিয়াম সংকর ধাতুর তৈরি একটি সিলিন্ডারের ভরকে 1 কিলোগ্রাম (kg) বলে। এই সিলিন্ডারটির ব্যাস 3.9 cm এবং উচ্চতা 3.9 cm।

সময়ের একক সেকেন্ড : একটি সিজিয়াম — 133 পরমাণুর 9 192 631 770 টি স্পন্দন সম্পন্ন করতে যে সময় লাগে তাকে 1 সেকেন্ড (s) বলে।

তাপমাত্রার একক কেলভিন : পানির ত্রৈধ বিন্দুর তাপমাত্রার $\frac{1}{273.16}$ ভাগকে 1 কেলভিন (K) বলে।

তড়িৎ প্রবাহের একক অম্পিয়ার : শূন্যস্থানে 1 মিটার দূরত্বে অবস্থিত অসীম দৈর্ঘ্যের এবং টপকেণীয় বৃত্তাকার প্রবাহচ্ছেদের দুটি সমান্তরাল সরল পরিবাহীর প্রত্যেকটিতে যে পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ চললে পরস্পরের মধ্যে প্রতি মিটার দৈর্ঘ্যে 2×10^{-7} নিউটন বল উৎপন্ন হয় তাকে 1 অম্পিয়ার (A) বলে।

দীপন তীব্রতার একক ক্যান্ডেলা : ক্যান্ডেলা হচ্ছে সেই পরিমাণ দীপন তীব্রতা যা কোনো আলোক উৎস একটি নির্দিষ্ট দিকে 540×10^{12} হার্টজ ক্যান্ডেলের এক বর্ণী বিকিরণ নিঃসরণ করে এবং ঐ নির্দিষ্ট দিকে তার বিকিরণ তীব্রতা হচ্ছে

প্রতি স্টেরেডিয়ান ঘনকোণে $\frac{1}{683}$ ওয়াট।

পদার্থের পরিমাপের একক মোল : যে পরিমাণ পদার্থে 0.012 কিলোগ্রাম কার্বন-12 এ অবস্থিত পরমাণুর সমান সংখ্যক প্রাথমিক ইউনিট (যেমন পরমাণু, অণু, আয়ন, ইলেকট্রন ইত্যাদি বা এগুলোর নির্দিষ্ট কোনো গুণ) থাকে তাকে 1 মোল (mol) বলে।

সারণি
মৌলিক রাশি ও তাদের একক

রাশি	রাশির প্রতীক	এককই একক	এককের প্রতীক
১. দৈর্ঘ্য (length)	l	মিটার (meter)	m
২. ভর (mass)	m	কিলোগ্রাম (kilogram)	kg
৩. সময় (time)	t	সেকেন্ড (second)	s
৪. তাপমাত্রা (temperature)	θ, T	কেলভিন (kelvin)	K
৫. তড়িৎ প্রবাহ (electric current)	I	অ্যাম্পিয়ার (ampere)	A
৬. দীপন তীব্রতা (luminous intensity)	I_v	ক্যান্ডেলা (candela)	Cd
৭. পদার্থের পরিমাণ (amount of substance)	n	মোল (mole)	mol

এককের গুণিতক ও উপগুণিতক

অনেক সময় মৌলিক এককগুলোর ভগ্নাংশ বা গুণিতক ব্যবহার করা সুবিধাজনক হয়। যখন একটি রাশির মান খুব বড় বা খুব ছোট হয়, তখন নিচের সারণিতে বর্ণিত উপসর্গগুলো খুবই প্রয়োজনীয় হয়। উদাহরণস্বরূপ আমরা যদি বাতাসের দুইটি অণুর মধ্যকার দূরত্ব বিবেচনা করি, তাহলে দেখি যে এই দূরত্ব খুবই ছোট। এটি হচ্ছে 0.000 00001 m। আমরা যদি বার বার এই সংখ্যাটা ব্যবহার করি, তাহলে আমাদের সাবধান থাকতে হবে প্রতি ক্ষেত্রে সূত্রের সংখ্যা ঠিকমতো উল্লেখ করা হয়েছি কিনা? কিন্তু এই সংখ্যাটাকেই যদি আমরা একটা উপসর্গ ব্যবহার করে লিখি, তাহলে 0.000 00001 m কে হয়তো লিখব 0.01 μm , এখানে ' μ ' (মাইক্রো) উপসর্গটি 10^{-6} নির্দেশ করে। তেমনিভাবে যদি বলি আমাদের দ্ব্যনির্মিত বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্রের ক্ষমতা 2000 000 000 W। এটাকে যদি আমরা $2000 \times 10^6 \text{ W} = 2000 \text{ MW}$ হিসেবে প্রকাশ করি তাহলে সুবিধা হয়। এককগুলোর পূর্বে দশের সূচকের নিম্নোক্ত উপসর্গগুলো আন্তর্জাতিক পদ্ধতিতে ব্যবহার অনুমোদিত।

গুণিতক/উপগুণিতক	উৎপাদক	সংকেত	উদাহরণ
এক্সা (exa)	10^{18}	E	1 এক্সামিটার = $1 \text{ Em} = 10^{18} \text{ m}$
পেটা (peta)	10^{15}	P	1 পেটামিটার = $1 \text{ Pm} = 10^{15} \text{ m}$
টেরা (tera)	10^{12}	T	1 টেরোগ্রাম = $1 \text{ Tg} = 10^{12} \text{ g}$
গিগা (giga)	10^9	G	1 গিগাবাইট = $1 \text{ GB} = 10^9 \text{ B}$
মেগা (mega)	10^6	M	1 মেগওয়াট = $1 \text{ MW} = 10^6 \text{ W}$
কিলো (kilo)	10^3	k	1 কিলোভোল্ট = $1 \text{ kV} = 10^3 \text{ V}$
হেক্টো (hecto)	10^2	h	1 হেক্টোজুল = $1 \text{ hJ} = 10^2 \text{ J}$
ডেকা (deca)	10^1	da	1 ডেকানিউটন = $1 \text{ daN} = 10^1 \text{ N}$
ডেসি (deci)	10^{-1}	d	1 ডেসিওম = $1 \text{ d}\Omega = 10^{-1} \Omega$
সেন্টি (centi)	10^{-2}	c	1 সেন্টিমিটার = $1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$

সুপ্তিক/উপসুপ্তিক	উৎপাদক	সূচক	উদাহরণ
মিলি (milli)	10^{-3}	m	1 মিলিঅ্যাম্পিয়ার = 1 mA = 10^{-3} A
মাইক্রো (micro)	10^{-6}	μ	1 মাইক্রোভোল্ট = 1 μ V = 10^{-6} V
ন্যানো (nano)	10^{-9}	n	1 ন্যানোসেকেন্ড = 1 ns = 10^{-9} s
পিকো (pico)	10^{-12}	p	1 পিকোফ্যারাড = 1 pF = 10^{-12} F
ফেমটো (femto)	10^{-15}	f	1 ফেমটোমিটার = 1 fm = 10^{-15} m
অটো (atto)	10^{-18}	a	1 অটোওয়াট = 1 aW = 10^{-18} W

কোনো সংখ্যাকে 10 এর যেকোনো ঘাত এক 1 থেকে 10 -এর মধ্যে অপর সংখ্যার গুণকল হিসেবে প্রকাশ করা হলে তাকে বৈজ্ঞানিক প্রতীক বলে। যেমন 6733000000 হলো 6.733×10^9 এবং 0.00000846 হলো 8.46×10^{-6} । সুতরাং দেখা যাচ্ছে যে এ প্রতীকে প্রকাশিত সংখ্যাটির 10 -এর ঘনাত্মক সূচক যত, দশমিক বিন্দুকে তানদিকে ততখর সরালে মূল সংখ্যাটি পাওয়া যায়। আর 10 এর ঋণাত্মক সূচক যত দশমিক বিন্দুকে বামদিকে তত ঘর সরালে মূল সংখ্যাটি পাওয়া যায়।

বৈজ্ঞানিক প্রতীকে প্রকাশিত সংখ্যার ক্ষেত্রে গুণের নিম্নোক্ত সাধারণ নিয়মটি খাটে :

$$10^m \times 10^n = 10^{m+n}$$

এখানে m এবং n যেকোনো সংখ্যা - ঘনাত্মক বা ঋণাত্মক হতে পারে।

$$\text{যেমন } 10^6 \times 10^7 = 10^{13}, 10^7 \times 10^{-20} = 10^{-13}$$

ভাগের ক্ষেত্রেও নিম্নোক্ত নিয়মটি প্রযোজ্য

$$\frac{10^8}{10^6} = 10^8 + 10^6 = 10^{8-6}$$

$$\text{যেমন } 10^6 \div 10^4 = 10^2 \text{ বা } 10^3 \div 10^{-7} = 10^{3-(-7)} = 10^{10}$$

১.৫ মাত্রা

Dimensions

আমরা ইতোমধ্যে জেনেছি যে, কোনো ভৌত রাশি এক বা একাধিক মৌলিক রাশির সমন্বয়ে গঠিত। সুতরাং যে কোনো ভৌত রাশিকে বিভিন্ন সূচকের (power) এক বা একাধিক মৌলিক রাশির গুণকল হিসেবে প্রকাশ করা যায়। কোনো ভৌত রাশিতে উপস্থিত মৌলিক রাশিগুলোর সূচককে রাশিটির মাত্রা বলে।

যেমন, $\text{কা} = \frac{\text{ভর} \times \text{দূরত্ব}}{\text{সময়}} = \frac{\text{ভর} \times \frac{\text{দৈর্ঘ্য}}{\text{সময়}}}{\text{সময়}}$ । এখানে দৈর্ঘ্যের মাত্রা L , ভরের মাত্রা M , সময়ের মাত্রা T

কালে বলের মাত্রা পাওয়া যাবে $\frac{ML}{T^2}$ বা MLT^{-2} অর্থাৎ, বলের রয়েছে ভরের মাত্রা (1), দৈর্ঘ্যের মাত্রা (1) এবং সময়ের

মাত্রা (-2)। কোনো রাশির মাত্রা নির্দেশ করতে তৃতীয় কন্ডনী [] ব্যবহার করা হয়। যেমন বলের মাত্রা $[F] = MLT^{-2}$

উপরে বর্ণিত তিনটি মৌলিক রাশি দৈর্ঘ্য, ভর ও সময় ছাড়া অন্যান্য মৌলিক রাশিসমূহের মাত্রা হলো :

তাপমাত্রার মাত্রা হলো θ (কণ্ড হাভের গ্রিক অক্ষর θ), তড়িৎ প্রবাহের মাত্রা হলো I , দীপন তীব্রতার মাত্রা হলো J এবং পদার্থের পরিমাণের মাত্রা হলো N ।

মাত্রা বিশ্লেষণের মাধ্যমে আমরা কোনো সমীকরণ বা ফর্মুলার সঠিকতা যাচাই করতে পারি। উদাহরণস্বরূপ

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

সমীকরণটি বিবেচনা করা যাক। আমরা জানি কেবলমাত্র একই জাতীয় রাশির যোগ, বিয়োগ বা সমতা সম্ভব। সুতরাং একটি সমীকরণের প্রতিটি পদ অবশ্যই একই জাতীয় রাশিকে নির্দেশ করতে হবে, অর্থাৎ প্রতিটি পদের মাত্রা একই হতে হবে। এখন উপরোক্ত সমীকরণে তিনটি পদ আছে, বামদিকে একটি এবং ডানদিকে দুইটি। এই সমীকরণে

s হলো সরণ, এর মাত্রা L

u হলো আদি বেগ, এর মাত্রা $\frac{L}{T} = LT^{-1}$

a হলো ত্বরণ, এর মাত্রা $\frac{L}{T^2} = LT^{-2}$

t হলো সময়, এর মাত্রা T

$\therefore ut$ -এর মাত্রা হলো $LT^{-1} \times T = L$

at^2 এর মাত্রা হলো $LT^{-2} \times T^2 = L$

সেখা যাচ্ছে উপরোক্ত সমীকরণের বামদিকের পদটির মাত্রা L এবং ডান দিকের দুইটি পদের মাত্রাও L ।

সুতরাং, সমীকরণটি সিন্ধ।

১.৬ বৈজ্ঞানিক প্রতীক ও সংকেত

Scientific symbols and notations

কথা হয়ে থাকে পদার্থবিজ্ঞানের ভাষা হচ্ছে গণিত। পদার্থবিজ্ঞানের সূত্রগুলোকে আমরা সাধারণত গাণিতিক সমীকরণ আকারে প্রকাশ করে থাকি। সেই সূত্র বা সমীকরণকে কয়েক লাফিয়ে পদার্থবিজ্ঞানীরা বিভিন্ন সমস্যা সমাধান করে থাকেন। এর জন্য বিভিন্ন রাশির বা এককের জন্য বিভিন্ন সংকেত ও প্রতীক ব্যবহার করা হয় এবং তা করা হয় এককের আন্তর্জাতিক পদ্ধতি অনুসরণ করে। শুধু পদার্থবিজ্ঞানই নয়, যেকোনো বিষয়ে তথ্য জ্ঞান বিজ্ঞানের যে কোনো শাখা প্রশাখায়ই পরিমাপ করতে গিয়ে আদ্যকাল এককের আন্তর্জাতিক পদ্ধতি ব্যবহৃত হচ্ছে।

এককের সংকেত ও বিভিন্ন রাশির মান লেখার জন্য এই বইয়ে নিম্নোক্ত পদ্ধতি অনুসরণ করা হয়েছে।

১। কোনো রাশির মান প্রকাশ করার জন্য একটি সংখ্যা লিখে তারপর একটি ফাঁক (ফাকা জায়গা বা space যা আসলে গুলু বৃদ্ধাঙ্ক) রেখে এককের সংকেত লিখে প্রকাশ করতে হয়। যেমন "2.21 kg", "7.3×10² m²", "22 K"। শতকরা চিহ্নও (%) এই নিয়ম মেনে চলে। কিন্তু ব্যতিক্রম হচ্ছে কোণের একক তথা ডিগ্রি, মিনিট বা সেকেন্ড (°, ' এক ") লেখার সময়। এই সকল ক্ষেত্রে সংখ্যার ক্ষেত্রে কোনো ফাঁক (space) দিতে হয় না।

২। গুলুদে প্রান্ত লম্ব একক লেখার সময় দুই এককের মাঝখানে একটা ফাঁক (space) দিতে হয় যেমন N m.

৩। তাপ দ্বারা গঠিত লব্ধ এককের ক্ষেত্রে কণাহ্রক সূচক হিসেবে প্রকাশ করা হয়েছে। যেমন মিটার / সেকেন্ড (মিটার প্রতি সেকেন্ড metre per second) কে $m s^{-1}$ দিয়ে প্রকাশ করা হয়েছে।

৪। প্রতীকগুলো যেহেতু গাণিতিক প্রকাশ, কোনো কিছুই সঙ্ক্ষেপিত রূপ (abbreviations) নয়, কাজেই তাদের সাথে কোনো যতি চিহ্ন বা ফুল স্টপ [full stop (.)] ব্যবহৃত হয় না।

৫। এককের সঙ্কেত লেখা হয় সোজা অক্ষরে (Roman type) যেমন মিটারের (metre) জন্য m, সেকেন্ডের জন্য s ইত্যাদি। কোনো রাশির সঙ্কেত লিখতে হয় ঝাঁক হরফে (italic type) যেমন ভরের (mass) জন্য m, সরণের (displacement) জন্য s ইত্যাদি। এই সকল রাশির সঙ্কেত ও একক লেখার সময় আগে পরে কোন ভাবার কোন ফন্ট (font) ব্যবহার করা হয়েছে, তাতে কিছু যায় আসে না।

৬। এককের সঙ্কেত ছোট হাতের হরফে (lower case) লেখা হয় (যেমন "m", "s", "mol")। তবে যে সকল একক ব্যক্তির নাম থেকে নেওয়া হয়েছে সেগুলোর সঙ্কেত লেখার সময় (এক অক্ষরের হলে) বড় হাতের হরফে বা প্রথম অক্ষর (একাধিক অক্ষরের ক্ষেত্রে) বড় হাতের হরফে হবে। যেমন নিউটনের নামানুসারে গৃহীত একক নিউটন হবে N এবং পাস্কালের নামানুসারে গৃহীত একক হবে Pa। তবে পুরো একক লিখলে অবশ্যই ছোট হাতের হরফে হবে যেমন newton বা pascal।

৭। এককের উপসর্গ এককেরই অংশ বিধায় এর সঙ্কেত এককের সাথে কোনো ফাঁক ছাড়াই যুক্ত হয়। যেমন km—এ k, MW—এ M, GHz—এ G। একাধিক উপসর্গ অনুমোদিত নয় যেমন $\mu\mu F$ হবে না, হবে pF ।

৮। কিলো (10^3) এর চেয়ে বড় সকল উপসর্গ বড় হাতের হরফে হবে।

৯। এককের সঙ্কেতগুলোর কখনো স্বরূপন হয় না। যেমন "25 kg", হবে, কিন্তু "25 kgs" হবে না।

১০। কোনো সংখ্যা বা কোনো যৌগিক একক বা সংখ্যা ও একক দুই লাইনে লেখা (line-break) পরিহার করা উচিত। খুব প্রয়োজন হলে সংখ্যা ও একককে দুই ভাগ করা যেতে পারে (line-break)।

১.৭ পরিমাপের যন্ত্রপাতি

Measuring instruments

মিটার স্কেল

পরীক্ষারায় দৈর্ঘ্য পরিমাপের সবচেয়ে সরল যন্ত্র হলো মিটার স্কেল। এর দৈর্ঘ্য ১ মিটার বা ১০০ সেন্টিমিটার। এমনকি একে মিটার স্কেল বলা হয়। এই স্কেলের এক পাশ সেন্টিমিটার এবং অপর পাশ ইঞ্চিতে ভাগ করা থাকে। প্রত্যেক সেন্টিমিটারকে সমান দশ ভাগে ভাগ করা থাকে। এই প্রত্যেক ভাগকে বলা হয় ১ মিলিমিটার বা ০.১ সেন্টিমিটার। প্রত্যেক ইঞ্চিকে সমান আট ভাগ, দশ ভাগ বা ষোলো ভাগে ভাগ করা হয়।

মিটার স্কেলের সাহায্যে পরিমাপ : মিটার স্কেলের সাহায্যে যে দণ্ড বা ব্যক্তির দৈর্ঘ্য মাপতে হবে তাকে একপ্রান্ত স্কেলের ০ দাগে বা কোনো সুবিধাজনক দাগে স্থাপন করতে হবে। দণ্ডের অপর প্রান্তে স্কেলের যে দাগের সাথে মিলেছে তাকে পাঠ নিতে হবে। দণ্ডের দুই প্রান্তের পাঠের বিয়োগফল হলো দণ্ডের দৈর্ঘ্য। সাধারণভাবে যে দণ্ডের

দৈর্ঘ্য মাপতে হবে তার বাম প্রান্ত স্কেলের x দাগে স্থাপন করলে যদি ডান প্রান্ত y দাগের সাথে মিলে যায় তবে স্কেলের দৈর্ঘ্য $L = y - x$ । এ স্কেলের সাহায্যে মিলিমিটার পর্যন্ত দৈর্ঘ্য সঠিকভাবে মাপা যায়। এর চেয়ে সূক্ষ্ম পরিমাপ করতে হলে ব্যবহার করতে হয় ভার্নিয়ার স্কেল।

ভার্নিয়ার স্কেল

সাধারণ মিটার স্কেলে আমরা মিলিমিটার পর্যন্ত দৈর্ঘ্য মাপতে পারি। মিলিমিটারের ভগ্নাংশ যেমন 0.2 মিলিমিটার, 0.6 মিলিমিটার বা 0.8 মিলিমিটার ইত্যাদি মাপতে হলে আমাদের ব্যবহার করতে হয় ভার্নিয়ার স্কেল। পণিত শাস্ত্রবিদ পিয়েরে ভার্নিয়ার এ স্কেল আবিষ্কার করেন। তাঁর নামানুসারে এ স্কেলের নাম ভার্নিয়ার স্কেল।



চিত্র : ১.১

মূল স্কেলের ক্ষুদ্রতম ভাগের ভাগাংশের নির্ভুল পরিমাপের জন্য মূল স্কেলের পাশে যে ছোট আর একটি স্কেল ব্যবহার করা হয় তার নাম ভার্নিয়ার স্কেল। ভার্নিয়ার স্কেলকে মিটার স্কেলের সাথে ব্যবহার করে মিলিমিটারের ভগ্নাংশ সঠিকভাবে নির্ণয় করা যায়।

ভার্নিয়ার স্কেল মূল বা প্রধান স্কেলের পাশে সংযুক্ত থাকে এবং প্রধান স্কেলের পাশ দিয়ে সামনে বা পেছনে সরানো যায়। ধরা যাক, একটি ভার্নিয়ার স্কেলে দশটি ভাগ আছে তথা দশটি দাগ কাটা আছে। এই দশ ভাগ প্রধান স্কেলের নয়টি ক্ষুদ্রতম ভাগের সমান (চিত্র : ১.১)। প্রধান স্কেলের নয়টি ক্ষুদ্রতম ভাগ হলো 9 মিলিমিটার বা 0.9 সেন্টিমিটার। ভার্নিয়ার স্কেলের 10 ভাগ বেছেই প্রধান স্কেলের 9 ক্ষুদ্রতম ভাগের সমান। সুতরাং ভার্নিয়ার স্কেলের ভাগগুলো প্রধান স্কেলের ক্ষুদ্রতম ভাগের চেয়ে সামান্য ছোট। প্রধান স্কেলের ক্ষুদ্রতম এক ভাগের চেয়ে ভার্নিয়ার স্কেলের এক ভাগ কতটুকু ছোট তার পরিমাপকে বলা হয় ভার্নিয়ার ধ্রুবক (Vernier Constant)। একে সাধারণত VC লেখা হয়। একটি সহজ সূত্র দ্বারা ভার্নিয়ার ধ্রুবক নির্ণয় করা যায় তা হলো, ভার্নিয়ার ধ্রুবক $= \frac{s}{n}$ যেখানে s প্রধান স্কেলের 1 ক্ষুদ্রতম ভাগের দৈর্ঘ্য এবং n ভার্নিয়ারের ভাগের সংখ্যা।

উপরোক্ত ক্ষেত্রে $s = 1$ মিমি এবং $n = 10$ ভাগ

$$\therefore \text{ভার্নিয়ার ধ্রুবক} = \frac{s}{n} = \frac{1 \text{ মিমি}}{10} = 0.1 \text{ মিমি} = 0.01 \text{ সেমি}$$

কোনো কোনো সময় ভার্নিয়ার স্কেলের 20 ভাগ প্রধান স্কেলের 19 ক্ষুদ্রতম ভাগের সমান থাকে এবং প্রধান স্কেলের এক ক্ষুদ্রতম ভাগ 1 mm -এর চেয়ে কম থাকে। তখন ভার্নিয়ার ধ্রুবক পরিবর্তিত হয়ে যায়। ভার্নিয়ার ধ্রুবক নির্ভর করে প্রধান স্কেল ও ভার্নিয়ার স্কেলের দাগ কাটার বৈশিষ্ট্যের উপর।

ড্রাইভ ক্যালিপার্স

ড্রাইভ ক্যালিপার্সের অপর নাম ডার্নিয়্যার ক্যালিপার্স। কারণ এই যন্ত্রে মাপজোখের কোয় ডার্নিয়্যার পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। একটি ঘায়তকার ইস্পাত স্কেলের পায়ে দাগ কেটে ড্রাইভ ক্যালিপার্সের মূল বা প্রধান স্কেল তৈরি করা হয়। প্রধান স্কেলের যে প্রান্তে শূন্য দাগ করা থাকে অর্থাৎ যে প্রান্ত থেকে স্কেলের সূচনা হয় সেই প্রান্তে একটি দাতব চোয়াল আটকানো থাকে। মূল স্কেলের ক্ষুদ্রতম ভাগের তত্ত্বাবধানের নির্ভুল পরিমাপের জন্য মূল স্কেলের পায়ে চোয়ালযুক্ত একটি ছোট স্কেল পরানো থাকে। এর নামই ডার্নিয়্যার স্কেল। (চিত্র : ১.২)।



চিত্র : ১.২

এই চোয়ালযুক্ত ডার্নিয়্যার প্রধান স্কেলের উপর সামনে বা পেছনে সরানো যায়। এই স্কেলের সাথে একটি স্ক্রু থাকে। এই স্ক্রু সাহায্যে ডার্নিয়্যার স্কেলকে প্রধান স্কেলের পায়ে যেকোনো জায়গায় আটকিয়ে রাখা যায়। প্রধান স্কেলের চোয়াল এবং ডার্নিয়্যার স্কেলের চোয়াল যখন লেগে থাকে তখন সাধারণত ডার্নিয়্যার স্কেলের শূন্য দাগ প্রধান স্কেলের শূন্য দাগের সাথে মিলে যায়। ডার্নিয়্যার স্কেল ব্যবহার করে মিশিমিটারের তত্ত্বাংশ সঠিকভাবে নির্ণয় করা যায়।

উপরে ডার্নিয়্যার স্কেল পরিচ্ছেদে বর্ণিত উপায়ে ড্রাইভ ক্যালিপার্সের ডার্নিয়্যার ধ্রুবক নির্ণয় করা হয়।

ড্রাইভ ক্যালিপার্সের সাহায্যে পরিমাপ : মনে করা যাক, কোনো একটি স্কেলের দৈর্ঘ্য বের করতে হবে। দৃষ্টান্তিকে ড্রাইভ ক্যালিপার্সের চোয়াল দুইটির মাঝখানে স্থাপন করতে হয়। ডার্নিয়্যার স্কেলের সাথে লগানো চোয়াল ঠেলে সামনে আনতে হয় যাতে প্রধান স্কেলের চোয়াল ও ডার্নিয়্যারের চোয়াল কন্ট্রটিকে বিপরীত দিক থেকে স্পর্শ করে। দৃষ্টান্তির বাম প্রান্ত প্রধান স্কেলের শূন্য (0) দাগের সাথে মিলিয়ে ডার্নিয়্যারটি সামনে বা পেছনে সরিয়ে স্কেলের ডান প্রান্তের সাথে মিলানো হয়। মনে করা যাক, স্কেলের ডান প্রান্ত স্কেলের M মিমি দাগ অতিক্রম করেছে। তাহলে এর দৈর্ঘ্য M ও $(M + I)$ মিমি এর মাঝামাঝি। এই M মিমি -এর চেয়ে বাড়তি দৈর্ঘ্য ডার্নিয়্যার ব্যবহার করে বের করতে হবে। এর দৈর্ঘ্যটুকু হবে ডার্নিয়্যার পাঠ।

এবার দেখতে হবে ডার্নিয়্যারের কোন দাগটি প্রধান স্কেলের কোনো একটি দাগের সাথে মিলেছে। যদি কোনো দাগ না মিলে থাকে, তাহলে দেখতে হবে ডার্নিয়্যারের কোন দাগটি প্রধান স্কেলের কোনো একটি দাগের সাথে সবচেয়ে কাছাকাছি হয়েছে। ডার্নিয়্যার স্কেলের এই দাগই হবে ডার্নিয়্যারের সমাপত্তন।

মনে করা যাক, ডার্নিয়্যারের V নম্বর দাগটি প্রধান স্কেলের একটি দাগের সাথে মিলেছে বা কাছাকাছি হয়েছে। সুতরাং যন্ত্রের ডার্নিয়্যার ধ্রুবক VC হবে

স্কেলের দৈর্ঘ্য = প্রধান স্কেল পাঠ + ডার্নিয়্যার স্কেল পাঠ

$$= \text{প্রধান স্কেল পাঠ} + \text{তর্নিয়ার সমপাতন} \times \text{তর্নিয়ার হুবক}$$

$$\text{অর্থাৎ, } L = M + V \times VC$$

উদাহরণ : ধরা যাক, স্কেটর B প্রান্ত প্রধান স্কেলের 12 mm দাপ অতিক্রম করেছে এবং তর্নিয়ারের 7 নম্বর দাপটি প্রধান স্কেলের একটি দাপের সাথে মিলেছে। তাহলে স্কেটর দৈর্ঘ্য হবে

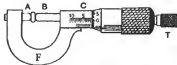
$$L = 12 \text{ mm} + 7 \times 0.1 \text{ mm (তর্নিয়ার হুবক হলো 0.1 mm)}$$

$$= 12.7 \text{ mm} = 1.27 \text{ cm}$$

প্রধান স্কেলের চোয়াল এবং তর্নিয়ার স্কেলের চোয়াল যখন সোঁপে থাকে তখন সাধারণত তর্নিয়ার স্কেলের শূন্য দাপ প্রধান স্কেলের শূন্য দাপের সাথে মিলে যায়। অনেক যন্ত্রে নাও মিলতে পারে। তখন বুঝতে হবে যান্ত্রিক ত্রুটি রয়েছে এবং এর জন্য পাঠ সংশোধন করে নিতে হয়।

স্রু পেন্স

এই যন্ত্রের সাহায্যে তারের ব্যাসার্ধ, স্রু চোঙের ব্যাসার্ধ ও ছোট দৈর্ঘ্য পরিমাপ করা যায়। এতে রয়েছে দুই প্রান্তে দুইটি সমান্তরাল বাহুরিখিত U আকৃতির ফ্রেম কাঠামো F (চিত্র : ১.৩)।



চিত্র : ১.৩

এর এক বাহুর সমতল পিঠ A এর সাথে একটি সমতল প্রান্তবিখিষ্ট দণ্ড বা সীলক স্থায়ীভাবে আটকানো রয়েছে এবং অপর বাহুরে রয়েছে একটি ফাঁপা দণ্ড C । এই দণ্ডে রয়েছে মিলিমিটারে দাপকিত একটি সরল স্কেল এবং একটি বেলনাকৃতির টুপি T পরিহিত একটি স্রু। স্রুটি ফাঁপা দণ্ড C এর ভিতর চলাফেরা করতে পারে। বেলনাকৃতি টুপি T এর কিনারাকে সাধারণত 50 বা 100 ভাগ করা হয়। স্রুর মাথা B যখন স্থায়ী সীলক বা সমতল প্রান্তবিখিষ্ট দণ্ড A স্পর্শ করে তখন বৃত্তাকার স্কেলের শূন্য দাপ রৈখিক স্কেলের শূন্য দাপের সাথে মিলে যায়। এরকম অবস্থায় দুইটি স্কেলের শূন্য দাপ যদি মিলে না যায় তাহলে বুঝতে হবে যান্ত্রিক ত্রুটি রয়েছে।

টুপি T একবার ঘুরালে এর যতটুকু সরল ঘটে এবং রৈখিক স্কেল বরাবর যে দৈর্ঘ্য এটি অতিক্রম করে তাকে বলা হয় স্রুর পিচ (Pitch)। বৃত্তাকার স্কেলের মাত্র এক ভাগ ঘুরালে – এর প্রান্ত বা স্রুটি যতটুকু সরে আসে তাকে বলা হয় যন্ত্রের লঘিষ্ঠ গণন (Least Count)। একে LC দিয়ে প্রকাশ করা হয়। যন্ত্রের পিচকে বৃত্তাকার স্কেলের সংখ্যা ঘুরা ভাগ করলে লঘিষ্ঠ গণন পাওয়া যায়। সুতরাং,

$$\text{লঘিষ্ঠ গণন} = \frac{\text{পিচ}}{\text{বৃত্তাকার স্কেলের ভাগের সংখ্যা}}$$

বৃত্তাকার স্কেলে সাধারণত 100 ভাগ থাকে এবং এই বস্কে প্রতি ভাগে 1 mm।

$$\therefore \text{স্কেল গণন} = \frac{1}{100} \text{ mm} = 0.01 \text{ mm।}$$

সূঁ গোলের সাহায্যে পরিমাপ : যে তারের ব্যাস মাপতে হবে বা যে পাতের পুরুত্ব জেনে করতে হবে তাকে A ও B এর মাঝে স্থাপন করতে হবে। তার বা পাতিটি এমনভাবে স্থাপন করতে হবে যাতে এর এক পাশ A কে এবং অপর পাশ B কে স্পর্শ করে। এরপর বৃত্তাকার ও রৈখিক স্কেলের পাঠ নিতে হবে। মনে করা যাক, রৈখিক স্কেলের পাঠ L mm এবং বৃত্তাকার স্কেলের ভাগ সংখ্যা C। সুতরাং, তারের ব্যাস বা পাতের পুরুত্ব হবে :

ব্যাস বা পুরুত্ব = রৈখিক স্কেল পাঠ + বৃত্তাকার স্কেলের ভাগ সংখ্যা \times স্কেল গণন

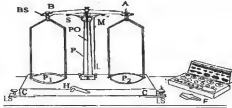
$$\text{অর্থাৎ } D = L + C \times LC$$

উদাহরণ : মনে করা যাক, রৈখিক স্কেল পাঠ 3 mm এবং বৃত্তাকার স্কেলের ভাগ সংখ্যা 20, তখন তারের ব্যাস
 $= 3 \text{ mm} + 20 \times 0.01 \text{ mm} = 3 \text{ mm} + 0.2 \text{ mm} = 3.2 \text{ mm।}$

সূঁর মাথা বন্ধন সময়ত প্রান্তবিশিষ্ট দণ্ড A স্পর্শ করে তখন বৃত্তাকার স্কেলের শূন্য দাগ যদি রৈখিক স্কেলের শূন্য দাগের সাথে মিলে না যায় তাহলে ত্রুটিতে হবে বাস্তবিক ত্রুটি রয়েছে। এর জন্য পাঠ সংশোধন করে নিতে হয়।

তুল্য যন্ত্র

কোনো কোনো সময় পদার্থবিজ্ঞান বা রসায়নে খুব অল্প পরিমাণ জিনিসের ভর সূক্ষ্মভাবে নির্ণয় করতে হয়, বা সাধারণ দ্রবীভূত করে নেওয়া যায় না। কলত্র বা পদার্থের পরিমাণ যত কম হবে তার ভর পরিমাপের দক্ষিণ হতে হবে তত সূক্ষ্ম। এরকম একটি সূক্ষ্ম দ্রবীভূত তুল্য যন্ত্র বা ব্যালান্স। এই যন্ত্র পদার্থবিজ্ঞান ও রসায়ন ল্যাবরেটরিতে কোনো অল্প জিনিসের ভর সূক্ষ্ম পরিমাপের জন্য ব্যবহৃত হয়। কারণ ল্যাবরেটরি বা পরীক্ষাগারে কোনো জিনিসের ভর পরিমাপ সঠিক না হলে পরীক্ষণ থেকে ভুল ফলাফল আসতে পারে এবং পরীক্ষণটির উদ্দেশ্য তফসূল হয়ে যেতে পারে।



চিত্র : ১.৪

তুলা যন্ত্রে সমগ্রল শিক্তির মতো দুইটি সমান ভরের পল্লব P_1 ও P_2 শিক্তির দুইপ্রান্তে থাকে (চিত্র : ১.৪)। এই পল্লব দুইটি একটি খাতব দণ্ড AB এর দুই প্রান্তে দুইটি খাঁজের মধ্যে উঠানো ছুরির ফালের উপর দুইটি সমান ভরের ফ্রেমের সাহায্যে স্থানান্তরিত থাকে। AB দণ্ডের কেন্দ্রে একটি ছুরি (knife) আঁকিয়ে দেওয়া হয়। এটি নিচের দিকে মুখ করে থাকে।

AB দণ্ডটিকে একটি উল্লম্ব ফাঁপা ধাম P -এর উপর রাখা হয়। এই ধামটি একটি কার্টের পাটাতন (CC) -এর মাঝখানে দৃঢ়ভাবে আঁকানো থাকে। এই পাটাতনের সাথে ডিনটি লেভেলিং স্ক্রু (LS) থাকে। (ভূতীয়টি চিত্রে দেখানো হয়নি)। এসব স্ক্রুর সাহায্যে ফল্টটিকে লেভেলিং করা হয়। ফাঁপা ধামটির মধ্যে একটি নিরেট খাতব দণ্ড পাটাতন সমগ্র হাতল H দ্বারা উঠানো নামানো যায়।

দণ্ড AB -এর ঠিক মাঝখানে একটি ত্রিকোণাকৃতি অ্যাঙ্গেল পাথরের মোটা দিকটা আঁকিয়ে স্ক্রু খারটা ধামটির নিরেট দণ্ডের উপর অবস্থিত একটি অ্যাঙ্গেল প্রটেক্টর উপর বসানো থাকে। নিরেট দণ্ডকে উপরে তুললে দণ্ড AB অ্যাঙ্গেল পাথরের স্ক্রু দিকটাকে ফালগুন করে দুলতে পারে।

তুলানোর মাধ্যমে একটি লম্বা সূচকের (PO) চওড়া দিকটা আঁকিয়ে এর নিচের স্ক্রু প্রান্তকে একটি স্কেলের উপর মুক্ত রাখা হয়। তুলানো অনুভূমিক থাকলে সূচকের স্ক্রু প্রান্ত স্কেলের ০ মাপের উপর থাকে। তলন দণ্ডি (ML) ও পাটাতনের নিচের স্ক্রু সাহায্যে দণ্ডটিকে আনুভূমিক করা হয়। সমগ্র ফল্টটিকে একটি কাচের বাল্ল রাখা হয়।

তুলা যন্ত্রের সাহায্যে পরিমাপ : তুলা যন্ত্রটি ব্যবহারের সময় হাতল H দ্বারা ধামটিকে উপরে উঠাতে হবে, এতে AB দণ্ডটিও উপরে উঠবে এবং ছুরির কিনারার উপর মুক্তভাবে দুলতে থাকবে। দণ্ডের সাথে পল্লব দুইটিও উপরে নিচে দুলতে থাকবে। হাতল H উঠা দিকে ঘুরলে ধাম নিচে নেমে যাবে এবং দণ্ড AB ও পল্লব সোলন বন্ধ হয়ে যাবে।

AB দণ্ড দুলতে থাকলে সূচক ঝাঁকটি নিচের স্কেলের উপর ডানে বামে দুলতে থাকবে। পল্লব কোনো জিনিস না থাকলে সূচকটির সোলন স্কেলের শূন্য মাপের দুইপাশে সমান হবে। এই সোলন শূন্য মাপের দুইপাশে সমান না হলে AB দণ্ডের দুই পাশের সমন্বয় স্ক্রু (BS) দ্বারা এমনভাবে সমন্বয় করে নিতে হবে যাতে সূচকের সোলন স্কেলের শূন্য মাপের দুইপাশে সমান হয়। ধাম P উল্লম্ব হলে কি না ওলন রেখা ML দ্বারা দেখে নিতে হয়।

কোনো বস্তু বা জিনিসের ভর মাপতে হলে বস্তুটিকে বামদিকের পল্লব রাখতে হয় এবং ডান দিকের পল্লব একটি একটা করে জানা বাটখারা ধীরে ধীরে রাখতে হয় যতক্ষণ না সূচকটি স্কেলের শূন্য মাপের দুই পাশে সমানভাবে দুলতে থাকে। এভাবে জানা বাটখারার সাহায্যে বস্তুর ভর নির্ণয় করা যায়।

ধামা ঘড়ি

ক্ষুদ্র সময় ব্যবধান পরিমাপের জন্য ধামা ঘড়ি (Stop watch) ব্যবহার করা হয়। এখন ধামা ঘড়ি দুই ধরনের হয়ে থাকে, ডিজিটাল ধামা ঘড়ি এবং এনালগ ধামা ঘড়ি। এনালগ ধামা ঘড়ির চেয়ে ডিজিটাল ধামা ঘড়ি অনেক নির্ভুল পাঠ দেয়। একটি এনালগ ধামা ঘড়ি যেখানে $\pm 0.1s$ পর্যন্ত নির্ভুলভাবে পাঠ দিতে পারে সেখানে একটি ডিজিটাল ধামা ঘড়ি $\pm 0.01 s$ পর্যন্ত সঠিকভাবে পাঠ দিতে পারে। আজকাল ডিজিটাল ঘড়ি এবং মোবাইলেও ধামা ঘড়ি থাকে।

কোনো সময় পরিমাপ করতে হলে ঘড়িটি হাত নিয়ে চালু করতে হয় এবং বন্ধও করতে হয়। এতে সময় ব্যবধানের পাঠে একটি ত্রুটি চলে আসে, যা কমপক্ষে এক সেকেন্ডের একটি বড়সড় ত্রুটি। যদিও এটি ব্যক্তি থেকে ব্যক্তিতে

পরিমিত হয়। বছর লোকের তুলনায় তরুণদের এই ত্রুটির পরিমাণ কম হয়। অধিকাংশ লোকের ক্ষেত্রে এই ত্রুটির পরিমাণ হয় প্রায় 0.3 s।

১.৮ পরিমাণে ত্রুটি ও নির্ভুলতা

Error and accuracy in measurement

সব পরিমাপের নির্ভুলতারই একটি সীমা আছে। ব্যবহৃত যন্ত্রাংশটি এবং পরীক্ষকের দক্ষতার উপর পরিমাপের নির্ভুলতা নির্ভর করে। ধরা যাক, একটি মিটার স্কেল সেন্টিমিটার ও সেন্টিমিটারের দশমাংশে (মিলিমিটারে) দাগ কাটা আছে। এই মিটার স্কেল দ্বারা যদি আমরা এই বইটির দৈর্ঘ্য মাপতে যাই তাহলে ফলাফল হয়তো 0.1 cm (স্কেলের ক্ষুদ্রতম একতাংশ) সঠিক বা নির্ভুল হতে পারে। যদি কোনো ঘরের দৈর্ঘ্য মাপা হয় তাহলে নির্ভুলতা হয়তো আরো কমে যাবে। কারণ স্কেলটি কয়েকবার পরপর রেখে দৈর্ঘ্য মাপতে হবে। প্রত্যেকবার স্কেলের সম্মুখ প্রান্তের অবস্থান মেঝেতে চিহ্নিত করতে হবে। এর ফলে পরিমাপের তুল্যের উৎস আরও বেড়ে যাবে। অর্থাৎ তুল্য হওয়ার সম্ভাবনা কৃষ্ণি পাবে।

পরিমাপের নির্ভুলতা পরিমাপের মতোই গুরুত্বপূর্ণ। সুতরাং সব পরীক্ষকেরই উচিত তত্তর পরীক্ষার ফলাফলের সঠিক ফলাফলের নির্ভুলতার পরিমাপ উল্লেখ করা। এই বই –এর দৈর্ঘ্য হয়তো $26.0 \text{ cm} \pm 0.1 \text{ cm}$ লেখা যেতে পারে। সতর্কত \pm এর অর্থ হলো যে, বই এর প্রকৃত দৈর্ঘ্য 25.9 cm ও 26.1 cm –এর মধ্যে রয়েছে। 0.1 cm হলো পরিমাপের অনিশ্চয়তা বা ত্রুটি।

পরিমাপের বেলায় সাধারণত তিন ধরনের ত্রুটি থাকতে পারে। এগুলো হলো :

(ক) দৈব ত্রুটি

(খ) যান্ত্রিক ত্রুটি

(গ) ব্যক্তিগত ত্রুটি

(ক) দৈব ত্রুটি : কোনো একটি দ্রুত রাশি কয়েকবার পরিমাপ করলে যে ত্রুটির কারণে পরিমাপকৃত মানে অসামঞ্জস্য দেখা যায় তাকে দৈব ত্রুটি বলে। 'দৈব' নাম থেকেই বুঝা যায় এই ত্রুটি সম্পর্কে আগেই অনুমান করা যায় না এবং এই ত্রুটির প্রত্যাশিত মান হবে শূন্য। কেননা পরিমাপকৃত মানগুলো সঠিক মানের এমিক সেমিক ইত্যন্ততত্ত্বাবে থাকবে এবং একই যন্ত্র দিয়ে একই রাশির মান বারবার পরিমাপ করলে এ ত্রুটিগুলোর গড় মান শূন্য হওয়া উচিত। ঘরের দৈর্ঘ্য মাপার জন্য যতবারই ঘরের স্কেলটি ঘরের মেঝেতে ফেলা হয় ততবারই দৈব ত্রুটি পরিমাপের অসম্পূর্ণ হয়। প্রত্যেকবার মিটার স্কেল ফেলার পর সম্মুখ প্রান্তের অবস্থান চিহ্নিত করার জন্য মেঝেতে যে দাগ দেওয়া হয়, তা প্রকৃত দাগ থেকে কিছুটা সামনে বা পেছনে দেওয়া হয়। এই দাগের সাথে মিলিয়ে যখন আবার মিটার স্কেলটি ফেলা হয় তখন আরও একটি দৈব ত্রুটি পরিমাণে এসে যায়। এ দাগের সাথে মিলানোর সময়ও স্কেলটির পেছনের প্রান্ত কখনো দাগের কিছুটা সম্মুখে বা পেছনে মিলানো হয়। দৈব ত্রুটির ফলে চূড়ান্ত ফলাফল হয়তো অত্যন্ত বেশি বা খুব কম হয়ে যেতে পারে। দৈব ত্রুটিকে এড়ানো সম্ভব নয়। কিন্তু, সতর্কতা অবলম্বন করলে এই ত্রুটি কমিয়ে আনা যায়। দৈব ত্রুটিকে কমিয়ে আনতে হলে পরিমাপটি বারবার নিয়ে এদের গড় নিতে হয়।

(খ) যান্ত্রিক ত্রুটি : পদার্থবিজ্ঞানে পরীক্ষার জন্য তথ্য মাপ-জোখের জন্য আমাদের যন্ত্রের প্রয়োজন হয়। সেই যন্ত্রে যদি ত্রুটি থাকে তাকে যান্ত্রিক ত্রুটি বলে। যেমন স্প্রিং ক্যালিবার্শ পরীক্ষার শুরুর আগে যদি প্রধান স্কেলের শূন্য দাগ আর ভার্মিয়ার স্কেলের শূন্য দাগ মিলে না যায় তাহলে প্রকৃত পরিমাপ সঠিক হবে না। এটা যান্ত্রিক ত্রুটি। তেমনিভাবে অ্যামিটার বা ভোল্টমিটারের কাঁটা যদি যন্ত্রের স্কেলের শূন্যের সাথে মিলে না থাকে তাহলে সেই যন্ত্রেও

দ্রুতি আছে। পরীক্ষণ শুরুর আগে এই যান্ত্রিক দ্রুতি নির্ণয় করে নিতে হয়। তারপর প্রাপ্ত পাঠ থেকে এই পাঠ বিয়োগ করে প্রকৃত পাঠ বের করতে হয়।

(গ) ব্যক্তিগত দ্রুতি : পরীক্ষণের সময় আমাদের নানাবিধ পাঠ নিতে হয়। পর্যবেক্ষকের নিজের কারণে পাঠে যে দ্রুতি আসে তাকে ব্যক্তিগত দ্রুতি বলে। যদি পর্যবেক্ষকের দৃষ্টির সমস্যা থাকে তাহলে পাঠে ভুল হবে। পর্যবেক্ষকের অবস্থান, কোনো দাগ সেখা বা কিছু গণনার ক্ষেত্রে যে দ্রুতি হয় সেগুলোও ব্যক্তিগত দ্রুতি। যেমন সেকেন্ডের সাহায্যে কোনো দণ্ডের দৈর্ঘ্য মাপার সময় দণ্ডের মাথা সেকেন্ডের কোন দাগের সাথে মিলেছে তা লক্ষ্যভাবে না দেখে যদি তির্যকভাবে সেখা হয় তাহলে পাঠে দ্রুতি হবে। একটি স্ফুসেলের বৃত্তাকার সেকেন্ডের কততম ভাগ রৈখিক সেকেন্ডের সাথে মিলেছে সেটা গুনতে যদি ভুল হয় তাহলে পাঠে ভুল আসবে। কিংবা সোলকের সোলনকাল নির্ণয়ের সময় সোলন সখ্যা নির্ণয়ে ভুল করলে সঠিক সোলন কাল পাওয়া যাবে না। এসবই ব্যক্তিগত দ্রুতি। এই সকল দ্রুতি দূর করার সময় সাবধানে যথাযথভাবে পাঠ নিতে হয়।

অনুলক্ষ্যন ১.১

একটি আয়তাকার কন্ডুর একটি পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল ও কন্ডুর আয়তন নির্ণয়।

উদ্দেশ্য : হাইড ক্যালিপার্স ব্যবহার করে কন্ডুর দৈর্ঘ্য নির্ণয়।

সূত্র : ক্ষেত্রফল হলো কোনো কন্ডুর পৃষ্ঠের পরিমাপ। আর কোনো বস্তু যে স্থান দখল করে তাকে সেই কন্ডুর আয়তন বলে। কোনো আয়তাকার কন্ডুর কোনো পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল A এবং আয়তন V হলে,

$$A = L \times B \quad (1.1)$$

$$\text{এবং } V = L \times B \times H \quad (1.2)$$

এখানে, L = কন্ডুর দৈর্ঘ্য

$$B = \text{কন্ডুর প্রস্থ}$$

$$H = \text{কন্ডুর উচ্চতা}$$

হাইড ক্যালিপার্সের সাহায্যে যেকোনো দৈর্ঘ্যের পাঠ নির্ণয়ের সূত্র :

দৈর্ঘ্য = প্রধান স্কেল পাঠ (M) + তারিয়ার সমাপাতন (V) \times তারিয়ার প্রবক (VC)

$$\text{অর্থাৎ } L \text{ বা } B \text{ বা } H = M + V \times VC$$

যন্ত্রপাতি : হাইড ক্যালিপার্স, আয়তাকার কন্ডু।

কাজের ধারা

১. ড্রাইড ক্যালিপার্সিটি নিয়ে এর প্রধান স্কেলের ক্ষুদ্রতম এক ভাগের মান এবং ভার্নিয়ার স্কেলের মোট ভাগ সংখ্যা কত তা লক্ষ কর। এরপর যন্ত্রটির ভার্নিয়ার হ্রবক (VC) খের কর।
২. এখন আয়তাকার কণ্ডুটিকে দৈর্ঘ্য বরাবর ড্রাইড ক্যালিপার্সের দুই চোয়ালের মধ্যে স্থাপন করে চোয়াল দুইটিকে কণ্ডুর দুই প্রান্তের সাথে স্পর্শ কর। এই অবস্থায় ভার্নিয়ারের শূন্য দাগ প্রধান স্কেলের যে দাগ অতিক্রম করে, সেই দাগের পাঠই হলো প্রধান স্কেল পাঠ M ।
৩. এই অবস্থায় ভার্নিয়ারের কত সংখ্যক দাগ প্রধান স্কেলের যেকোনো একটি দাগের সাথে মিলে যায় তা নির্ণয় কর। এটি ভার্নিয়ার সমপাতন V ।
৪. কণ্ডুটিকে দৈর্ঘ্য বরাবর কয়েকটি অবস্থানে বসিয়ে ২ ও ৩ নং প্রক্রিয়ার পুনরাবৃত্তি কর এবং প্রাপ্ত মানগুলো হুকে স্থাপন কর।
৫. এরপর কণ্ডুটি প্রস্থ বরাবর ড্রাইড ক্যালিপার্সের চোয়ালের মধ্যে স্থাপন করে ২ ও ৩ নং প্রক্রিয়ায় কয়েক জায়গায় পাঠ নাও এবং হুকে স্থাপন কর।
৬. এবার কণ্ডুটি উচ্চতা বরাবর ড্রাইড ক্যালিপার্সের চোয়ালের মধ্যে স্থাপন করে ২ ও ৩ নং প্রক্রিয়ায় কয়েক জায়গায় পাঠ নাও এবং হুকে স্থাপন কর।
৭. প্রয়োজনীয় হিসাবের সাহায্যে কণ্ডুটির দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতা নির্ণয় করে (1.1) এবং (1. 2) সমীকরণে তা বসিয়ে আয়তাকার কণ্ডুটির একটি গৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল ও কণ্ডুটির আয়তন নির্ণয় কর।

অনুদলনের হুক

পর্ববেশণ

ক. ভার্নিয়ার হ্রবক নির্ণয় :

প্রধান স্কেলের ক্ষুদ্রতম এক ঘরের মান, $s = \dots \text{ cm}$

ভার্নিয়ার স্কেলের মোট ভাগ সংখ্যা, $n = \dots$

$$\therefore \text{ভার্নিয়ার হ্রবক, } VC = \frac{s}{n} = \dots \text{ cm}$$

খ. আয়তাকার কণ্ডুর দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতা নির্ণয়ের হুক

আয়তাকার কণ্ডুর	পর্ববেশণ সংখ্যা	প্রধান স্কেল পাঠ, M (cm)	ভার্নিয়ার সমপাতন V	ভার্নিয়ার হ্রবক VC (cm)	পাঠ $M + V \times VC$ (cm)	গড় পাঠ (cm)
দৈর্ঘ্য L	1.					
	2.					
	3.					
প্রস্থ B	1.					
	2.					
	3.					
উচ্চতা H	1.					
	2.					
	3.					

হিসাব ও ফলাফল :

আয়তকর বস্তুর এক পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল, $A = L \times B = \dots\dots\dots \text{cm}^2 = \dots\dots\dots \times 10^{-4} \text{m}^2$

এক আয়তন, $V = L \times B \times H = \dots\dots\dots \text{cm}^3 = \dots\dots\dots \times 10^{-6} \text{m}^3$

অনুসন্ধান ১.২

একটি বৃত্তাকার প্রস্ফেদবিশিষ্ট তারের প্রস্ফেদের ক্ষেত্রফল নির্ণয়।

উদ্দেশ্য : স্ফুপেজ ব্যবহার করে তারের ব্যাস নির্ণয়।

সূত্র : ক্ষেত্রফল হলো কোনো বস্তুর পৃষ্ঠের পরিমাণ। কোনো তারের প্রস্থ ব্যাসের দৈর্ঘ্যের সাথে সম্বন্ধে যেমন কটলে যে তল পাওয়া যায় তার পরিমাপই হচ্ছে প্রস্ফেদের ক্ষেত্রফল। কোনো বৃত্তাকার প্রস্ফেদবিশিষ্ট তারের প্রস্ফেদের ক্ষেত্রফল A হলো

$$A = \pi r^2$$

এখানে, r = তারের ব্যাসার্ধ

$$\pi = 3.14 \text{ ; গ্রন্থ সংখ্যা}$$

এখন তারের ব্যাস d হলে $r = d/2$, সুতরাং

$$A = \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2$$

$$\therefore A = \frac{1}{4} \pi d^2 \quad (1.3)$$

স্ফুপেজের সাহায্যে যেকোনো দৈর্ঘ্যের পর্ট নির্ণয়ের সূত্র :

দৈর্ঘ্য = রৈখিক স্কেল পর্ট (L) + বৃত্তাকার স্কেলের ভাগ সংখ্যা (C) \times লম্বিত গণন (LC)

$$\text{অর্থাৎ } d = L + C \times LC$$

যন্ত্রপাতি : স্ফুপেজ, তার।

কাজের ধারা

- প্রথমে রৈখিক স্কেলের ক্ষুদ্রতম ঘরের মান ও বৃত্তাকার স্কেলের মোট ভাগ সংখ্যা দেখে নাও।
- এরপর যন্ত্রের পিচ নির্ণয় কর। বৃত্তাকার স্কেল সম্পূর্ণ একবার ঘুরালে এটি রৈখিক স্কেল ব্যাসের যে দৈর্ঘ্য অতিক্রম করে তাই হলো যন্ত্রের পিচ। পিচকে বৃত্তাকার স্কেলের মোট ভাগ সংখ্যা দিয়ে ভাগ করে লম্বিত গণন (LC) বের কর।
- এখন পরীক্ষাধীন তারটিকে স্ফুপেজের স্থায়ী দণ্ড ও স্ফুর মাঝখানে রেখে স্ফুটিকে একদিক বরাবর ঘুরিয়ে কীলক ও স্ফুকে আলতোভাবে তারের পায়ে স্পর্শ করাও।

৪. এই অবস্থায় রৈখিক স্কেলের যে দাগটি বৃত্তাকার স্কেলের বামদিকে দেখা যায় সেই দাগের পাঠ নাও। এটি রৈখিক স্কেল পাঠ (L)। এবার দেখো বৃত্তাকার স্কেলের কত নম্বর দাগ রৈখিক স্কেলের দাগের সাথে মিলে গেছে। এটি হলো বৃত্তাকার স্কেলের ভাগ সংখ্যা (C)।
৫. এভাবে তারের অন্তত পাঁচটি ভিন্ন জায়গায় পাঠ নিয়ে ছকে স্থাপন কর।
৬. প্রয়োজনীয় হিসাবের সাহায্যে তারের ব্যাস বের করে (1.3) সমীকরণে বসিয়ে তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল নির্ণয় কর।

অনুলব্ধদের ছক

পর্যবেক্ষণ

ক. দৃষ্টিগত গণন নির্ণয় :

রৈখিক স্কেলের এক ভাগের মান, $s = \dots \text{ mm}$

বৃত্তাকার স্কেলের মোট ভাগ সংখ্যা, $n = \dots$

পিচ (বৃত্তাকার স্কেল সম্পূর্ণ একবার ঘুরালে রৈখিক স্কেলে যে দৈর্ঘ্য অতিক্রম করে),

$p = \dots \text{ mm}$

\therefore দৃষ্টিগত গণন, $LC = \frac{p}{n} = \dots \text{ mm}$

খ. তারের ব্যাস নির্ণয়ের ছক

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	রৈখিক স্কেল পাঠ, L (mm)	বৃত্তাকার স্কেলের ভাগ সংখ্যা C	দৃষ্টিগত গণন LC (mm)	ব্যাস $d = L + C \times LC$ (mm)	গড় ব্যাস (mm)
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					

হিসাব ও ফলাফল :

তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল, $A = \frac{1}{2} \pi d^2 = \dots \text{ mm}^2 = \dots \times 10^{-6} \text{ m}^2$

অনুশীলনী

ক. যত্নসিঁড়িচিহ্ন গ্রন্থ

সঠিক উত্তরটির পাশে টিক (✓) চিহ্ন দাও

১। কোয়ান্টাম তত্ত্ব কে প্রদান করেন?

(ক) প্র্যাক্ক

(খ) আইনস্টাইন

(গ) রাদারফোর্ড

(ঘ) হাইডেনবার্গ

২। হোলন কর নাম থেকে এসেছে?

(ক) জগদীশ চন্দ্র বসু

(খ) সুভাষ চন্দ্র বসু

(গ) সত্যেন্দ্র নাথ বসু

(ঘ) শরৎ চন্দ্র বসু

৩। নিচের কোনটি যৌগিক রাশি নয়?

(ক) ভর

(খ) তাপ

(গ) তড়িৎ প্রবাহ

(ঘ) পদার্থের পরিমাণ

৪। একটি দড়কে হুইভ ক্যালিপার্সে স্থাপনের পর যে পাঠ পাওয়া গেল তা হচ্ছে প্রধান স্কেল পাঠ 4 cm, ভর্নিয়ার সমপাতন 7 এবং ভর্নিয়ার ধ্রুবক 0.1 mm। দড়টির দৈর্ঘ্য কত?

(ক) 4.07 cm

(খ) 4.7 cm

(গ) 4.07 mm

(ঘ) 4.7 mm

নিচের চিত্র থেকে ৫ এবং ৬ নম্বর প্রশ্নের উত্তর দাও :



চিত্র 'ক'



চিত্র 'খ'

৫। খ চিত্রটির আয়তন

(ক) $\frac{1}{3}\pi r^3$ (খ) $\frac{4}{3}\pi r^3$ (গ) $\frac{3}{4}\pi r^3$ (ঘ) πr^3

৬। ক ও খ চিত্রের আয়তনের অনুপাত :

(ক) 1 : 0.673

(খ) 1 : 0.0673

(গ) 1 : 0.763

(ঘ) 1 : 0.637

খ. সূজনশীল প্রশ্ন

১. রাসেল তার সম্য কেনা স্কেল দিয়ে পেন্সিলের দৈর্ঘ্য মাপে কল পেন্সিলটির দৈর্ঘ্য 11.73cm। তার কবু সূজন কল এই পরিমাপ সঠিক নাও হতে পারে। রাসেল কল যে এই স্কেল দিয়ে কয়েকবার পরিমাপ করে একই ফল পেয়েছে। তারা শিক্ষকের কাছে গেলে শিক্ষক তাদের 0.005 cm ভার্নিয়ার হুবকবিশিষ্ট ভার্নিয়ার স্কেল ব্যবহার করতে বলেন। রাসেল ভার্নিয়ার স্কেলের সাহায্যে সঠিক দৈর্ঘ্য পরিমাপ করল।

ক. ভার্নিয়ার হুবক কী?

খ. কোনো রাশির পরিমাপ প্রকাশ করতে এককের প্রয়োজন হয় কেন?

গ. ব্যবহৃত ভার্নিয়ার স্কেলের কয় ভাগ প্রধান স্কেলের কত ভাগের সমান নির্ণয় কর।

ঘ. রাসেলের প্রথম দৈর্ঘ্য পরিমাপ সঠিক পরিমাপের সাথে সঙ্গতিপূর্ণ ছিল না যুক্তি সহকারে লিখ।

গ. সাধারণ প্রশ্ন

১। আমরা কেন পদার্থবিজ্ঞান পড়ব — এ সম্পর্কে একটি প্রতিবেদন রচনা কর।

২। “বিশ্ব শতাধীতে পদার্থবিজ্ঞানের বিময়কর অগ্রগতি ঘটে” — উদাহরণসহ এর সঙ্গক্ষে মুক্তি দাও।

৩। (ক) রাশি বলতে কী বুঝায়?

(খ) মৌলিক রাশি ও লব্ধ রাশির মধ্যে পার্থক্য নির্দেশ কর।

৪। (ক) এককের আন্তর্জাতিক পদ্ধতিতে কোন কোন রাশিকে মৌলিক রাশি ধরা হয়েছে?

(খ) এই সকল রাশির এককের নাম কর।

৫। মাত্রা বলতে কী বুঝ?

দ্বিতীয় অধ্যায় গতি MOTION



আমরা আমাদের চারপাশে বস্তু কতটা শেখি, সেগুলো হয় স্থির না হয় গতিশীল। স্থিতি ও গতি বলতে আসলে আমরা কী বুঝি? একটি গতিশীল বস্তুর গতির বৈশিষ্ট্যসমূহ প্রকাশের জন্য আমাদের গতি সত্ত্বাস্ত বিভিন্ন রাশির প্রয়োজন হয়। এই অধ্যায়ে আমরা গতি সত্ত্বাস্ত বিভিন্ন রাশি, তাদের মাত্রা, একক, তাদের মধ্যকার পরস্পরিক সম্পর্ক ইত্যাদি নিয়ে আলোচনা করব।

এই অধ্যায় পরে পাবো আমরা—

১. স্থিতি ও গতি ব্যাখ্যা করতে পারব।
২. বিভিন্ন প্রকার গতির মধ্যে পার্থক্য করতে পারব।
৩. স্কেলার ও ভেক্টর রাশি ব্যাখ্যা করতে পারব।
৪. গতি সম্পর্কিত রাশিসমূহের মধ্যে পরস্পরিক সম্পর্ক বিশ্লেষণ করতে পারব।
৫. বাতাসহীন ও মুক্তভাবে পড়ন্ত বস্তুর গতি ব্যাখ্যা করতে পারব।
৬. লেবলিটরের সাহায্যে গতি সম্পর্কিত রাশিসমূহের মধ্যে সম্পর্ক বিশ্লেষণ করতে পারব।
৭. আমাদের জীবনে গতির প্রভাব উপলব্ধি করতে পারব।

২.১ স্থিতি ও গতি

Rest and motion

অবস্থান : তোমার স্কুল কোথায়? এই প্রশ্নের জবাব থেকে আমরা জানতে পারব তোমার স্কুলের অবস্থান। তুমি যদি কল তোমার স্কুল খিলটুলিতে তাহলে তোমার কথা পুরোপুরি সত্য, কিন্তু এ থেকে আমরা স্কুলের সঠিক অবস্থান জানতে পারব না। সঠিক অবস্থান জানতে গেলে তোমাকে অবশ্যই বলতে হবে কোথা থেকে কেন দিকে কত দূরে। তাহলেই কেল অবস্থান ঠিক ঠিক জানা যাবে। আমাদের প্রথমেই একটা জানা কিছু বা বস্তু ধরে নিতে হবে যার সাপেক্ষে অন্য কিছু বা বস্তুর অবস্থান নির্ণয় করা হয়। যেমন, যদি কল হয় তোমার বাসার গেট থেকে তোমার স্কুল পূর্ব দিকে ১ কিলোমিটার দূরে, তাহলে এটির অবস্থান নিশ্চিতভাবে কল যাবে। সুতরাং আমাদের আশেপাশে, আমাদের গ্রামে বা শহরে, আমাদের দেশে বা এই পৃথিবীতে কিংবা এই মহাবিশ্বে কোনো কিছু অবস্থান নির্দেশ করার জন্য আমাদের একটি কিছুকে স্থির ধরে নিতে হয়। এই কিছুকে আমরা বলি প্রসঙ্গ কিছু বা মূলবিন্দু আর যে বস্তু বস্তুর সাথে তুলনা করে আমরা অন্য বস্তুর অবস্থান, স্থিতি, গতি ইত্যাদি নির্ণয় করি তাকে বলি প্রসঙ্গ কর্তৃত্ব। আমাদের সুবিধামতো আমরা যেকোনো কিছুকে প্রসঙ্গ কিছু ধরতে পারি। উপরিউক্ত উদাহরণে আমরা অন্য কিছুকে প্রসঙ্গ কিছু ধরতে পারতাম।

স্থিতি ও গতি : আমরা আমাদের চারপাশে অনেক বস্তু দেখি। এদের কতগুলো স্থির বাকিগুলো গতিশীল। আসলে আমরা স্থির ও গতিশীল বস্তু বলতে কী বুঝি?

দিয়ে কর : হাত দিয়ে একটা কলম ধরে রাখ।

কলমের আশেপাশে কী আছে? আশেপাশের বস্তুগুলোর তুলনায় কলমের অবস্থানের কোনো পরিবর্তন হচ্ছে কি? না। তোমার হাতে ধরে থাক। কলমের আশেপাশের প্রত্যেক বস্তু যেমন তোমার চেয়ার, টেবিল, তোমার বই, খাতা, ঘরের দরজা, জানালা সবকিছু থেকে এই কলমের একটি নির্দিষ্ট দূরত্ব ও নিক আছে। অর্থাৎ তোমার কলমের চারপাশের অন্যান্য বস্তুর তুলনায় বা সাপেক্ষে তোমার কলমের অবস্থান নির্দিষ্ট। সময়ের সাথে কলমটির অবস্থানের পরিবর্তন হচ্ছে না। আমরা বলি পরিপার্শ্বিকের সাপেক্ষে কলমটি স্থির। আর কলমটির স্থির থাকার এই ঘটনাটাই হচ্ছে স্থিতি। সুতরাং, সময়ের পরিবর্তনের সাথে পরিপার্শ্বের সাপেক্ষে যখন কোনো বস্তুর অবস্থানের পরিবর্তন ঘটে না তখন ঐ বস্তুকে স্থিতিশীল বা স্থির বস্তু বলে। আর এই অবস্থান অপরিবর্তিত থাকাকে বলে স্থিতি।

অনি রাস্তার পাশে দাঁড়িয়ে আছে। সে বলে যে, ঘরবাড়ি, গাছালা বৈদ্যুতিক ষ্টুট, ইত্যাদি সব স্থির দাঁড়িয়ে আছে। সে কেন এ কথা বলে? কারণ অনির মতে এই সকল বস্তু সময়ের সাথে অবস্থানের পরিবর্তন করছে না।

দিয়ে কর : তোমার হাতে ধরে থাক। কলমটিকে এবার সোপিক পাড়তে থাক।

আশেপাশের বস্তুগুলোর তুলনায় কলমের অবস্থানের কোনো পরিবর্তন হচ্ছে কি? এখন কলমের আশেপাশের প্রত্যেকটি বস্তু থেকে কলমের দূরত্ব এক নিক ক্রমাগত পরিবর্তন হচ্ছে। সময়ের সাথে কলমটির অবস্থানের পরিবর্তন হচ্ছে। আমরা বলি পরিপার্শ্বিকের সাপেক্ষে কলমটি গতিশীল। সময়ের পরিবর্তনের সাথে পরিপার্শ্বের সাপেক্ষে যখন কোনো বস্তুর অবস্থানের পরিবর্তন ঘটে তখন তাকে গতিশীল বস্তু বলে। আর অবস্থানের এ পরিবর্তনের ঘটনাকে বলে গতি।

আমরা আগেই আলোচনা করেছি কোনো বস্তু স্থির না গতিশীল তা বুঝার জন্য প্রসঙ্গ বস্তু তথা প্রসঙ্গ কঠামো পছন্দ করা জরুরি। এই প্রসঙ্গ বস্তু ও আমাদের আলোচ্য বস্তুর পারস্পরিক অবস্থান যদি সময়ের সাথে অপরিবর্তিত থাকে তাহলে আলোচ্য বস্তুটিকে প্রসঙ্গ বস্তুর সাপেক্ষে স্থির ধরা হয়। আলোচ্য বস্তু ও প্রসঙ্গ বস্তু যদি একই দিকে একই বেগে চলতে থাকে তাহলেও কিন্তু সময়ের সাথে বস্তুদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্বের কোনো পরিবর্তন ঘটবে না, যদিও প্রকৃতপক্ষে বস্তুটি গতিশীল। চলন্ত ট্রেনের কামরায় দুই বস্তু যদি মুখোমুখি বসে থাকে, তবে একজনের সাপেক্ষে অন্যজনের অবস্থানের কোনো পরিবর্তন হয় না। সুতরাং বলা যেতে পারে একজনের সাপেক্ষে অন্যজন স্থির। কিন্তু যদি ট্রেন লাইনের পাশে দাঁড়ানো কোনো ব্যক্তি তাদেরকে দেখেন তবে তিনি দেখবেন তার সাপেক্ষে ঐ দুই বস্তুর অবস্থানের পরিবর্তন হচ্ছে। অর্থাৎ লাইনের পাশে দাঁড়ানো ব্যক্তির সাপেক্ষে তারা উভয়ই গতিশীল।

তাহলে আমরা দেখতে পাই যে, কোনো বস্তু প্রকৃতপক্ষে স্থির কি না তা নির্ভর করছে প্রসঙ্গ বস্তুর উপর। প্রসঙ্গ বস্তু যদি প্রকৃতপক্ষে স্থির হয় তাহলে তার সাপেক্ষে যে বস্তু স্থিতিশীল রয়েছে সেও প্রকৃতপক্ষে স্থির। এ ধরনের অবস্থাকে আমরা পরম স্থিতি বলাতে পারি। অর্থাৎ প্রসঙ্গ বস্তুটি যদি পরম স্থিতিতে থাকে তাহলেই কোনো বস্তু তার সাপেক্ষে স্থির থাকলে সে বস্তুকে পরম স্থিতিশীল বলা যেতে পারে। সেদৃশ পরম স্থিতিশীল প্রসঙ্গ বস্তুর সাপেক্ষে কোনো বস্তুর গতিকে আমরা পরম গতি বলি। কিন্তু এ মহাবিশ্বে এমন কোনো প্রসঙ্গ বস্তু পাওয়া সম্ভব নয় যা প্রকৃতপক্ষে স্থির রয়েছে। কারণ পৃথিবী প্রতিনির্যাত সূর্যের চারদিকে ঘুরছে, সূর্য তার গ্রহ, উপগ্রহ নিয়ে ছায়াপথে গতিশীল। কাজেই আমরা যখন কোনো বস্তুকে স্থিতিশীল বা গতিশীল বলি, তা আমরা কোনো আপাত স্থিতিশীল বস্তুর সাপেক্ষে বলে থাকি। কাজেই আমরা বলাতে পারি এ মহাবিশ্বের সকল স্থিতিই আপেক্ষিক—সকল গতিই আপেক্ষিক। কোনো গতিই পরম নয়, পরম নয় কোনো স্থিতিই।

মিডু কোথাও যাওয়ার জন্য বাস স্ট্যাণ্ডে বাসের জন্য অপেক্ষা করছে। সে দেখল তার বন্ধু রনি রিকশায় তাকে অতিক্রম করে যাচ্ছে। সে বলে যে রিকশাটি গতিশীল। কারণ মিডুর সাপেক্ষে সময়ের সাথে সাথে রিকশাটি নিরবচ্ছিন্নভাবে তার অবস্থানের পরিবর্তন করছে।

কোনো বস্তুর অবস্থানের পরিবর্তন কিন্তু দুইভাবে হতে পারে।

নিচের উদাহরণগুলো বিবেচনা করা যাক :

(ক) মৌ একটি গাছের নিচে দাঁড়িয়ে আছে এবং দেখল যে তার বন্ধু ঐশি তার থেকে দৌড়ে দূরে সরে যাচ্ছে। মৌ ও ঐশির মধ্যবর্তী দূরত্ব সময়ের সাথে সাথে কৃশি পাচ্ছে। (চিত্র : ২.১ক)।

(খ) রাজুদের স্কুলের বার্ষিক ক্রীড়ায় দৌড় প্রতিযোগিতার জন্য মাঠে একটি রিমাট বৃত্তাকার ট্রাক করা হয়েছে। সেই বৃত্তের মাঝখানে দাঁড়িয়ে রাজু দেখল তার বন্ধু শিহাব ঐ ট্রাক ক্রাবার দৌড়ে গ্র্যাণ্ডটিন করছে (চিত্র : ২.১খ)। রাজু বলে যে শিহাব গতিশীল, কিন্তু রাজু ও শিহাবের মধ্যবর্তী দূরত্ব সময়ের সাথে সাথে তো পরিবর্তিত হচ্ছে না। তাহলে কীভাবে বলা যাবে যে শিহাব রাজুর সাপেক্ষে গতিশীল?



চিত্র : ২.১ (ক)



চিত্র : ২.১ (খ)

প্রথম উপাত্তের মৌ –এর সাপেক্ষে সময়ের সাথে দূরত্বের পরিবর্তনের সাথে সাথে ঐশির অবস্থানের পরিবর্তন হচ্ছে। দ্বিতীয় উপাত্তের মৌ –এর সাপেক্ষে সময়ের সাথে দূরত্বের অবস্থানের পরিবর্তন হচ্ছে, যদিও দূরত্বের পরিবর্তন হচ্ছে না। তাহলে কী পরিবর্তন হচ্ছে? রাক্তর সাপেক্ষে দূরত্বের অবস্থানের দিকের পরিবর্তন হচ্ছে। পর্বতের কের সাপেক্ষে পতিশীল কোনো কল্পের অবস্থানের পরিবর্তন হতে পারে দূরত্বে বা দিকে বা উভয়েই।

২.২ বিভিন্ন প্রকার গতি

Types of motion

রৈখিক গতি : কোনো কল্প যদি একটি সরল রেখা বরাবর পতিশীল হয় অর্থাৎ কোনো কল্পের গতি যদি একটি সরল রেখার উপর সীমাবদ্ধ থাকে, তাহলে তখন গতিকে রৈখিক গতি বলে। একটি সোজা সড়কে কোনো গাড়ির গতি রৈখিক গতি।

স্থল গতি : যখন কোনো কল্প কোনো নির্দিষ্ট বিন্দু বা রেখা থেকে কল্প কলাপুলের দূরত্ব অপরিবর্তিত রেখে ঐ বিন্দু বা রেখা থেকে কেবল করে ঘোরে তখন সে কল্পের গতিকে স্থল গতি বা কৃত্যকার গতি বলে। যেমন কৌণিক পানির গতি, ঘড়ির কাঁটার গতি ইত্যাদি।

চলন গতি : কোনো কল্প যদি এমনভাবে চলতে থাকে যাতে করে কল্পের সকল কলা একই সময়ে একই দিকে সমান দূরত্ব অতিক্রম করে তাহলে ঐ গতিকে চলন গতি বলে।

একশালা বইকে ঘুরতে না দিয়ে টেবিলের এক প্রান্ত থেকে অন্য প্রান্তে নিয়ে গেলে এই গতি চলন গতি হবে। ক্রমাগত ঐ এর প্রতিটি কলা সমান সময়ে একই দিকে সমান দূরত্ব অতিক্রম করবে।

পর্বাধৃত গতি : কোনো পতিশীল কল্পকালার গতি যদি এমন হয় যে, এটি এর গতি পথে কোনো নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট সময় পর পর একই দিক থেকে অতিক্রম করে, তাহলে সেই গতিকে পর্বাধৃত গতি বলে।

এই গতি কৃত্যকার, উপকৃত্যকার বা সরলরৈখিক হতে পারে। ঘড়ির কাঁটার গতি, সূর্যের চারদিকে পৃথিবীর গতি, স্কল বা পেন্সিল ইন্ডিনের সিঁড়িয়ার মধ্যে সিঁড়িনের গতি পর্বাধৃত গতি।

পর্যায়বৃত্ত গতিসম্পন্ন কোনো বস্তু যে নির্দিষ্ট সময় পর পর নির্দিষ্ট বিন্দুকে নির্দিষ্ট দিক দিয়ে অতিক্রম করে সেই সময়কে পর্যায়কাল বলে।

স্পন্দন গতি : পর্যায়বৃত্ত গতিসম্পন্ন কোনো বস্তু যদি পর্যায়কালের অর্ধেক সময় কোনো নির্দিষ্ট দিকে এবং বাকি অর্ধেক সময় একই পথে তার বিপরীত দিকে চলে তবে এর গতিকে স্পন্দন বা সোলন বা কম্পন গতি বলে।

স্পন্দন গতির উদাহরণ হচ্ছে সরল সোলকের গতি, কম্পনশীল সুরশলাকার ও গিটারের তারের গতি।

২.৩ স্কেলার রাশি ও ভেক্টর রাশি

Scalar and vector quantities

আগের অধ্যায়ে আমরা জেনেছি গৌত জগতে যা কিছু পরিমাপ করা যায় তাকে রাশি বলে। কোনো রাশি যখন পরিমাপ করা হয় তখন তার একটি মান থাকে। এই মান প্রকাশ করতে আমরা একটি সংখ্যা এবং একটি একক ব্যবহার করি। যেমন আমরা যদি বলি বেকারির দৈর্ঘ্য 1.5 মিটার, তাহলে বুঝা যায় দৈর্ঘ্যের একক মিটার আর বেকের দৈর্ঘ্য তার 1.5 গুণ। কিন্তু কেবল মান দিয়ে সকল রাশিকে সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করা যায় না। কিছু কিছু রাশি প্রকাশের জন্য মানের সাথে দিকেরও প্রয়োজন হয়।

যেমন আমরা যদি বলি একটি গাড়ি ঘণ্টায় 40 কিলোমিটার বেগে চলেছে, তাহলে এটা বুঝা যাবে যে গাড়িটি এক ঘণ্টায় 40 km দূরত্ব অতিক্রম করেছে, কিন্তু গাড়িটি কোনদিকে সে দূরত্ব অতিক্রম করেছে, তা জানা যাবে না। গাড়িটির প্রকৃত অবস্থা বুঝতে হলে গাড়িটির কোণ কোনো দিকে সেটাও উল্লেখ করতে হবে। সুতরাং দেখা যাচ্ছে কিছু কিছু রাশি আছে যেগুলো সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করতে হলে মানের সাথে দিকের অবশ্যই উল্লেখ করতে হয়। দিকের বিবেচনায় আমরা বস্তু জগতের সকল রাশিকে দুই ভাগে ভাগ করতে পারি; যথা—

১। অদিক রাশি বা স্কেলার রাশি

২। দিক রাশি বা ভেক্টর রাশি।

স্কেলার রাশি : যে সকল গৌত রাশিকে শুধু মান দিয়ে সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করা যায়, দিক নির্দেশের প্রয়োজন হয় না তাদেরকে স্কেলার রাশি বলে। দৈর্ঘ্য, ভর, হ্রতি, কাজ, শক্তি, সময়, তাপমাত্রা ইত্যাদি স্কেলার রাশির উদাহরণ।

ভেক্টর রাশি : যে সকল গৌত রাশিকে সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করার জন্য মান ও দিক উভয়ের প্রয়োজন হয় তাদেরকে ভেক্টর রাশি বলে। সরণ, বেগ, ত্বরণ, বল, তড়িৎ প্রাবল্য ইত্যাদি ভেক্টর রাশির উদাহরণ।

২.১ সরণি থেকে দেখা যাচ্ছে যে প্রতিটি ভেক্টরকে মান ও দিক দিয়ে আর স্কেলার রাশিগুলোকে কেবল মান দিয়ে নির্দেশ করা হয়েছে।

সারণি ২.১

বেগের ও ভেক্টর রাশির উদাহরণ

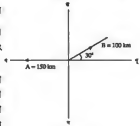
বেগের রাশি			ভেক্টর রাশি		
নাম	সংকেত	উদাহরণ	নাম	সংকেত	উদাহরণ
দূরত্ব	d	40 m	সরণ	s বা \vec{s}	40 m পূর্ব দিকে
দ্রুতি	v	30 m s^{-1}	বেগ	\vec{v} বা \vec{v}	30 m s^{-1} উত্তর দিকে
সময়	t	15 s	বল	\vec{F} বা \vec{F}	100 N উপরের দিকে
শক্তি	E	2000 J	দ্বরণ	\vec{a} বা \vec{a}	9.8 m s^{-2} নিচের দিকে

ভেক্টর রাশির নির্দেশনা

কোনো রাশির সংকেতের উপর তীর চিহ্ন দিয়ে ভেক্টর রাশি নির্দেশ করা হয়, যেমন \vec{A} । ভেক্টর রাশি \vec{A} এর মান

A বা $|\vec{A}|$ দিয়ে নির্দেশ করে। ছাপার অক্ষরের ক্ষেত্রে অনেক সময় \vec{A} এর বদলে বোল্ড হ্রস্ব A ভেক্টর এবং সাধারণ হ্রস্ব A দিয়ে রাশিটির মান প্রকাশ করা হয়। সারণি ২.১ এ ভেক্টর রাশিকে বোল্ড হ্রস্ব দিয়ে এবং তীর চিহ্ন দিয়ে নির্দেশ করা হয়েছে।

চিত্রে কোনো ভেক্টর রাশিকে একটি তীর চিহ্নিত স্ফলরেখা দ্বারা নির্দেশ করা হয়। স্ফলরেখার সৈধ্য রাশিটির মান এবং তীর চিহ্ন এর দিক নির্দেশ করে। উদাহরণস্বরূপ ২.২ চিত্রে সরণ 50 km কে 1 cm দ্বারা নির্দেশ করা হয়েছে। সুতরাং ঐ চিত্রে A ভেক্টরটি বার সৈধ্য 3 cm, সেটি পশ্চিম দিকে 150 km সরণ নির্দেশ করে। B ভেক্টরটি পূর্ব দিকের সাথে 30° কোণে উত্তর দিকে 100 km সরণ নির্দেশ করে।



চিত্র : ২.২

২.৪ গতি সংক্রান্ত বিভিন্ন রাশি

Different quantities related to motion

দূরত্ব ও সরণ :

ধরা যাক, খতি ভদ্র সন্ধ্যের গেট থেকে 100 মিটার দৌড়ো পেল। খতি গেট থেকে 100 মিটার দূরে আছে সত্য, কিন্তু ত্রিক কোম আনন্দায় আছে তা ক্যা বাবে না। কেননা খতি গেট থেকে উত্তর, দক্ষিণ, পূর্ব, পশ্চিম বা অন্যকোনো দিকে 100 মিটার



চিত্র : ২.৩

দূরে থাকতে পারে। অতিরিক্ত অবস্থানের পরিবর্তন সঠিকভাবে জানতে হলে অতি কোন দিকে 100 মিটার দূরে গেছে তা জানতে হবে। যদি বলা হয় অতি সেট থেকে 100 মিটার পূর্ব দিকে লৌড় গেছে, তাহলে নিশ্চিতভাবে অতির অবস্থান জানা যাবে। সেট থেকে সোজা পূর্ব দিকে 100 মিটার গেলেই অতিকে পাওয়া যাবে। প্রথম ক্ষেত্রে আমরা অতির অবস্থানের পরিবর্তন দু'ধরার জন্য যে রাশিটি ব্যবহার করেছি তাহলো সূত্র। এটি একটি স্কেলার রাশি। আর দ্বিতীয় ক্ষেত্রে আমরা দূরত্বের সাথে সাথে দিকও উল্লেখ করেছি—সেটি সরণ। এটি একটি ভেক্টর রাশি। একটি নির্দিষ্ট দিকে যে দূরত্ব বা অবস্থানের পরিবর্তন তা হলো সরণ। সুতরাং নির্দিষ্ট দিকে পরিপার্শ্বিকের সাপেক্ষে অবস্থানের পরিবর্তনকে সরণ বলে।

কোনো বস্তুর আদি অবস্থান ও শেষ অবস্থানের মধ্যবর্তী ন্যূনতম দূরত্ব অর্থাৎ সরণসৈরিক দূরত্বই হচ্ছে সরণের মান এবং সরণের দিক হচ্ছে বস্তুর আদি অবস্থান থেকে শেষ অবস্থানের দিকে।

সরণ কতুর গতিপথের উপর নির্ভর করে না। কোনো একটি বস্তু A অবস্থান থেকে B অবস্থানে (চিত্র ২.৩) বিভিন্ন পথে যেতে পারে। কিন্তু কতুটির সরণ হবে A থেকে B -এর দিকে। A ও B এর মধ্যবর্তী ন্যূনতম দূরত্ব অর্থাৎ এ ক্ষেত্রে AB সরণসৈরিক দূরত্ব হলো সরণের মান $AB = s$ এবং দিক হলো A থেকে B এর দিকে। যেহেতু সরণের মান ও দিক উভয়ই আছে, কাজেই এটি একটি ভেক্টর রাশি।

সরণের মাত্রা হলো সৈরিকের মাত্রা।

$$\therefore [s] = L$$

সরণের একক হলো সৈরিকের একক অর্থাৎ মিটার (m)। কোনো বস্তুর সরণ 60 m দক্ষিণ দিকে কালে বুঝায় কতুটি তার আদি অবস্থান থেকে 60 m দক্ষিণ দিকে সরে গেছে।

দ্রুতি

ধরা যাক, আগের উদাহরণে অতি ঐ 100 মিটার দূরত্ব 50 সেকেন্ডে পার হলো। একই দূরত্ব মিছু যদি 40 সেকেন্ডে পার হয়ে থাকে তাহলে কে দ্রুত চলেছে? অতি না মিছু? নিশ্চয়ই মিছু। কেননা তার সময় কম গেলোছে।

মনে করা যাক, অতি 100 মিটার দূরত্ব 50 সেকেন্ডে পার হলো। মিছু 75 মিটার দূরত্ব 30 সেকেন্ডে পার হলো। আমরা কি কালে পারি অতি মিছুর চেয়ে ধীরে চলেছে? অতি কি মিছুর চেয়ে বেশি দূরত্ব অতিক্রম করেছে? কে বেশি দ্রুত চলেছে অতি না মিছু তা জানতে হলে একটি নির্দিষ্ট সময়ে উভয়ের অতিক্রান্ত দূরত্বের তুলনা করতে হবে। ধরা যাক, এই নির্দিষ্ট সময় হচ্ছে 1 সেকেন্ড। সুতরাং,

$$1 \text{ সেকেন্ডে অতির অতিক্রান্ত দূরত্ব } 100/50 = 2 \text{ মিটার}$$

$$1 \text{ সেকেন্ডে মিছুর অতিক্রান্ত দূরত্ব } 75/30 = 2.5 \text{ মিটার}$$

সুতরাং, মিছু অতির চেয়ে দ্রুত চলেছে, কেননা 1 সেকেন্ডে মিছু অতির চেয়ে বেশি দূরত্ব অতিক্রম করেছে।

এর থেকে আমরা বুঝতে পারি কে দ্রুত চলছে তা নির্ভর করে সময় এবং অতিক্রান্ত দূরত্বের উপর। কোনো বস্তু কত দ্রুত চলছে তাই দূরত্ব অতিক্রম করেছে তা যে রাশি দিয়ে পরিমাপ করা হয় তাকে দ্রুতি বলা হয়। দ্রুতি বস্তুটির অবস্থানের পরিবর্তনের হার নির্দেশ করে। সময়ের সাথে কোনো বস্তুটির অবস্থানের পরিবর্তনের হারকে দ্রুতি বলে।

বস্তুটির একক সময়ে অতিক্রান্ত দূরত্ব দ্বারা দ্রুতি পরিমাপ করা হয়। সুতরাং,

$$\text{দ্রুতি} = \frac{\text{দূরত্ব}}{\text{সময়}}$$

কোনো গতিশীল বস্তু যদি t সময়ে d দূরত্ব অতিক্রম করে, তাহলে দ্রুতি

$$v = \frac{d}{t}$$

দ্রুতি দ্বারা অবস্থানের পরিবর্তনের হার কোন দিকে ঘটেছে তা জানা যায় না, ফলে দ্রুতির কোনো দিক নেই। সুতরাং দ্রুতি একটি স্কেলার রাশি।

দ্রুতির মাত্রা হলো $\frac{\text{দূরত্ব}}{\text{সময়}}$ এর মাত্রা।

$$\therefore [v] = \frac{L}{T} = LT^{-1}$$

যেহেতু দূরত্বকে সময় দিয়ে ভাগ করলে দ্রুতি পাওয়া যায়, কাজেই দূরত্বের একককে সময়ের একক দিয়ে ভাগ করলে দ্রুতির একক পাওয়া যাবে। দূরত্বের একক মিটার (m) এবং সময়ের একক সেকেন্ড (s) হওয়ায় দ্রুতির একক হবে মিটার/সেকেন্ড ($m s^{-1}$)। যেমন কোনো বস্তুটির দ্রুতি $4 m s^{-1}$ কালে বুঝায় বস্তুটি প্রতি সেকেন্ডে 4 মিটার দূরত্ব অতিক্রম করে।

দ্রুতির একক মিটার/সেকেন্ড হলেও আমাদের উপলব্ধির সুবিধার জন্য আমরা অনেক সময় দূরত্বের একক কিলোমিটার এবং সময়ের একক ঘণ্টা ধরে দ্রুতির একক কিলোমিটার/ঘণ্টা ($km h^{-1}$) ধরি। গাড়ির স্পিডোমিটার যে দ্রুতি নির্দেশ করে তা $km h^{-1}$ -এ দেওয়া থাকে।

গড় দ্রুতি : কোনো বস্তুটির গতিকালে যদি কখনো দ্রুতির মানের কোনো পরিবর্তন না হয় অর্থাৎ বস্তুটি যদি সর্বদা সমান সময়ে সমান দূরত্ব অতিক্রম করে তাহলে ঐ বস্তুটির দ্রুতিকে সুষম বা সমদ্রুতি বলে। অন্যরূপে সমান সময়ে বস্তু সমান দূরত্ব অতিক্রম না করে তাহলে সেই দ্রুতিকে অসম দ্রুতি বলে।

বস্তু যদি সুষম দ্রুতিতে না চলে তাহলে তার অতিক্রান্ত মোট দূরত্বকে সময় দিয়ে ভাগ করলে গড় দ্রুতি একক সময়ে অতিক্রান্ত দূরত্ব পাওয়া যায়। একে গড় দ্রুতি বলা হয়।

$$\text{সুতরাং, গড় দ্রুতি} = \frac{\text{মোট দূরত্ব}}{\text{সময়}}$$

যদি কোনো গাড়ি ঢাকা থেকে নিনাজপুর যাওয়ার পথে সকাল 7 টায় রওনা হয়ে 6 ঘণ্টায় 300 কিলোমিটার পথ অতিক্রম করে, তবে তার গড় দ্রুতি হচ্ছে $300 km / 6 h = 50 km h^{-1}$ । এখানে গড় দ্রুতি কলার কারণ গাড়িটি যে

তার চলার পথে প্রত্যেক খণ্ডের 50 কিলোমিটার দূরত্ব অতিক্রম করেছে এমন কোনো কথা নেই। গাড়িটি কখনো এর চেয়ে দ্রুত চলে থাকতে পারে আবার এর চেয়ে আস্তেও চলতে পারে।

তাত্ক্ষণিক দ্রুতি : আমরা যদি কোনো একটি বিশেষ মুহূর্তে কোনো বস্তুর দ্রুতি জানতে চাই, যেমন উল্লিখিত গাড়িটি চলা শুরু করার ঠিক 33 মিনিট পূর্ণ হওয়ার মুহূর্তে তার দ্রুতি কত ছিল, তাহলে সেটা হবে তার ঐ সময়ের প্রকৃত দ্রুতি বা তাত্ক্ষণিক দ্রুতি। যেকোনো মুহূর্তে প্রকৃত বা তাত্ক্ষণিক দ্রুতি বের করতে হলে আমাদেরকে অতি ক্ষুদ্র সময় ব্যবধানে অতিক্রান্ত দূরত্ব জানতে হবে। তারপর সেই দূরত্বকে সময় দিয়ে ভাগ করে তাত্ক্ষণিক দ্রুতি বের করতে হবে।

কেউ যদি সকাল 10টা 32 মিনিট 43 সেকেন্ডের সময় গাড়িটির দ্রুতি কত ছিল কিংবা কোনো সড়কের পাশে হাইওয়েতে সেতুর সীত ব্রেকের অতিক্রমকালে গাড়িটির দ্রুতি কত ছিল তা জানতে চান তাহলে তাকে ঐ সময়ে শিফটমিটারের পঠ কত ছিল তা দেখতে হবে। যেকোনো মুহূর্তে দ্রুতি নির্ণয়ের জন্য যেমন হাইওয়েতে কোনো গাড়ি সর্বোচ্চ গতিসীমা লঙ্ঘন করেছে কি না কিংবা কালামেশের আতীত ক্রিকেট দলের দ্রুততম বোলার মাপরাফি বিন মোর্ত্তাচার কোন বোলার দ্রুতি কত তা নির্ণয় করতে হলে আমাদেরকে রানার বা সেন্সর গানের সাহায্য নিতে হবে।

বেগ

অনেক সময় আমরা সাধারণ কথাবার্তায় বেগ শব্দ ব্যবহার করি এবং অনেকের তা করে থাকি দ্রুতি বুঝতে। কিন্তু বিজ্ঞানের পরিভাষায় শব্দ দুটির অর্থ ভিন্নতা আছে। দ্রুতি কেবল কোনো বস্তুর দূরত্বের বা অবস্থানের পরিবর্তনের হার নির্দেশ করে, কোন দিকে সে পরিবর্তন হয়েছে তা বুঝায় না। বেগ দূরত্বের পরিবর্তনের হার বুঝায় পাশাপাশি কোন দিকে সে পরিবর্তন ঘটে তাও নির্দেশ করে। বেগ দিয়ে নির্দিষ্ট দিকে দূরত্বের পরিবর্তনের হার তথা সরণের হারকে বুঝায়। সূত্রাং সময়ের সাথে কোনো বস্তুর সরণের হারকে বেগ বলে অর্থাৎ বস্তু নির্দিষ্ট দিকে একক সময়ে যে পথ অতিক্রম করে তাই বেগ।

যদি কোনো বস্তু t সময়ে নির্দিষ্ট দিকে s দূরত্ব অতিক্রম করে তাহলে বেগ, $v = \frac{s}{t}$ ।

বেগের মাত্রা ও দ্রুতির মাত্রা একই অর্থাৎ $[LT^{-1}]$

বেগের একক ও দ্রুতির একক একই অর্থাৎ $m\ s^{-1}$ ।

বেগের মান শু পিক দুইই আছে। তাই বেগ একটি ভেক্টর রাশি। উদাহরণ হিসেবে একটি রান্ডার কথা ধরা যাক। রান্ডারটি কোনো স্থানে পূর্ব দিকের সাথে 30° কোণ করে উত্তর দিকে চলে গেছে (চিত্র: ২.৪)। সেই রান্ডার যদি একটি গাড়ি $20\ km\ h^{-1}$ সমন্বিতবে চলে, তাহলে আমরা সঠিকভাবে বলতে পারব গাড়িটির বেগ পূর্ব দিকের সাথে 30° কোণে উত্তর দিকে $20\ kmh^{-1}$ । কিন্তু যদি এই গাড়িটিই একটি সূত্রাকর পথে $20\ km\ h^{-1}$ সমন্বিতবেই



চলে, তাহলে তার গতির দিক ক্রমাগত পরিবর্তন হবে। সুতরাং এর বেগও ক্রমাগত পরিবর্তন হবে যদিও এর দ্রুতি সবসময় একই থাকবে। বস্তুর বেগের মানই তার দ্রুতি। নির্দিষ্ট দিকে বস্তুর দ্রুতিই তার বেগ।

যদি গতিশীল কোনো বস্তুর বেগের মান ও দিক অপরিবর্তিত থাকে তাহলে সেই বস্তুর বেগকে সুস্থমবেগ বা সমবেগ বলে। শব্দের বেগ সুস্থমবেগের একটি প্রকৃষ্ট প্রাকৃতিক উদাহরণ। শব্দ নির্দিষ্ট মাধ্যমে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট দিকে সমান সময়ে সমান পথ অতিক্রম করে, আর তা হচ্ছে 0°C তাপমাত্রায় বায়ুতে প্রতি সেকেন্ডে 332 মিটার। শব্দ কোনো নির্দিষ্ট দিকে প্রথম সেকেন্ডে 332 মিটার, দ্বিতীয় সেকেন্ডে 332 মিটার এবং এইরূপ প্রতি সেকেন্ডে 332 মিটার করে চলতে থাকে। এখানে শব্দের বেগের মান ও দিক একই থাকায় শব্দের বেগ 332 m s^{-1} হলো সুস্থমবেগ।

কোনো বস্তুর যদি গতিকালে তার বেগের মান বা দিক বা উভয়ের পরিবর্তন ঘটে তাহলে বস্তুর সেই বেগকে অসম বেগ বলে। অর্থাৎ কোনো বস্তু যদি সমান সময়ে, সমান দূরত্ব অতিক্রম না করে কিংবা চলার সময় গতির দিক পরিবর্তন করে তাহলে সেই বেগ অসমবেগ হবে। আমরা যে চলাকরো করি, গাড়ি চলে ইত্যাদির বেগ সাধারণত অসমবেগ।

দূরণ ও ফসন

কোনো বস্তু যদি সুস্থমবেগে না চলে তাহলে বস্তুর বেগের মানের কিংবা দিকের কিংবা উভয়ের পরিবর্তন হতে পারে। বস্তুর বেগের পরিবর্তন হলে আমরা বলি বস্তুর দূরণ হচ্ছে। ধরা যাক, একটি গাড়ি একটি সোজা সড়কে চলছে। এই গাড়িতে বসে মিলু প্রতি ৪ সেকেন্ড পর পর গাড়ির স্পিডোমিটার থেকে গাড়িটির বেগ লিপিবদ্ধ করছে। বিভিন্ন সময়ে এই গাড়ির বেগ km h^{-1} ও m s^{-1} এককে নিচের সারণিতে দেখানো হলো।

সারণি ২.২
বেগ – সময় সারণি

ক্রমিক নং	সময় (s)	বেগ (km h^{-1})	বেগ (m s^{-1})
1	0	0	0
2	8	14.4	4
3	16	28.8	8
4	24	43.2	12
5	32	57.6	16
6	40	72	20

এই সারণি থেকে দেখা যায় যে, গাড়িটির বেগ প্রথম ৪ সেকেন্ডে ০ থেকে 4 m s^{-1} এ বৃদ্ধি পেয়েছে; পরের ৪ সেকেন্ডেও এর বেগ বেড়েছে 4 m s^{-1} এবং এইরূপে বাকি সময়ও বেগ বেড়েছে। সুতরাং প্রতি ৪ সেকেন্ড সময় ব্যবধানে গাড়িটির বেগের পরিবর্তন হয়েছে 4 m s^{-1} । অন্য কথায়, এক সেকেন্ড গাড়িটির বেগের পরিবর্তন হয়েছে 0.5 m s^{-1} । তাহলে সময়ের সাথে গাড়িটির বেগের পরিবর্তনের হার হলো $\frac{4\text{ms}^{-1}}{8\text{s}} = 0.5\text{ m s}^{-2}$ ।

বেগের পরিবর্তনের হার তথা একক সময়ে বেগের পরিবর্তনই ত্বরণ। সরল পথে চলমান বস্তুর সময়ের সাথে বেগ বৃদ্ধি হারকে ধনাত্মক ত্বরণ বা ত্বরণ এবং সময়ের সাথে বেগ হ্রাসের হারকে ঋণাত্মক ত্বরণ বলা হয়। অনেক সময় ঋণাত্মক ত্বরণকে মন্দন বলা হয়।

সময়ের সাথে বস্তুর অসমবেগের বৃদ্ধি হারকে ত্বরণ বলে। কোনো বস্তুর আদি বেগ যদি u হয় এবং t সময় পরে তার শেষ বেগ যদি v হয়, তাহলে,

$$t \text{ সময়ে বেগের পরিবর্তন} = v - u$$

$$\therefore \text{একক সময়ে বেগের পরিবর্তন} = \frac{v - u}{t}$$

$$\therefore \text{বেগের পরিবর্তনের হার, অর্থাৎ ত্বরণ, } a = \frac{v - u}{t}$$

$$\text{সুতরাং, ত্বরণ} = \frac{\text{বেগের পরিবর্তন}}{\text{সময়}}$$

ত্বরণ একটি ভেক্টর রাশি। এর দিক আছে। এর দিক হচ্ছে বেগের পরিবর্তনের দিকে। যেহেতু আমরা একটি সরল রেখা ব্যাখ্যা গতি বিবেচনা করছি, কাজেই বেগের পরিবর্তন হবে হয় বেগের দিকে কিবা বেগের বিপরীত দিকে। কোি যদি বৃদ্ধি পায় তাহলে বেগের পরিবর্তন হবে বেগের দিকে। সেক্ষেত্রে ত্বরণ হবে ধনাত্মক। যদি বেগ হ্রাস পায় তাহলে বেগের পরিবর্তন হবে বেগের বিপরীত দিকে। সেক্ষেত্রে ত্বরণকে ঋণাত্মক ধরা হয় অর্থাৎ মন্দন হয়।

মাত্রা : ত্বরণের মাত্রা হলো $\frac{\text{বেগ}}{\text{সময়}}$ এর মাত্রা।

$$\text{অর্থাৎ, ত্বরণ} = \frac{\text{বেগ}}{\text{সময়}} = \frac{\text{সরণ}}{\text{সময়} \times \text{সময়}} = \frac{\text{সরণ}}{\text{সময়}^2}$$

$$\therefore [a] = \frac{L}{T^2} = LT^{-2}$$

একক : ত্বরণের একক হলো $\frac{\text{বেগ}}{\text{সময়}}$ এর একক।

$$\text{অর্থাৎ, } \frac{\text{m s}^{-1}}{\text{s}} \text{ বা } \text{m s}^{-2}$$

কোনো বস্তুর ত্বরণ 5 m s^{-2} উত্তর দিকে বলতে বুঝায় বস্তুটির বেগ উত্তর দিকে 1 s এ 5 m s^{-1} বৃদ্ধি পায়।

সু্যম ত্বরণ ও অসম ত্বরণ : ত্বরণ দুই রকমের হতে পারে, যথা- সু্যম ত্বরণ ও অসম ত্বরণ। কোনো বস্তুর কোি যদি নির্দিষ্ট দিকে সবসময় একই হারে বাড়তে থাকে তাহলে সে ত্বরণকে সু্যম ত্বরণ বা সমত্বরণ বলে। আর কোি বৃদ্ধি হার যদি সমান না থাকে, তাহলে সে ত্বরণকে অসম ত্বরণ বলা হয়।

সু্যম ত্বরণের একটি উদাহরণ হলো অভিকর্ষের প্রভাবে মুক্তভাবে পড়ন্ত বস্তুর ত্বরণ। যদি একটি বস্তু ভূপৃষ্ঠে মুক্তভাবে পড়তে থাকে তখন তার ত্বরণ হয় 9.8 m s^{-2} অর্থাৎ, বস্তুটি যখন ভূপৃষ্ঠের দিকে আসতে থাকে তখন এর কোি প্রতি সেকেন্ডে 9.8 m s^{-1} করে বাড়তে থাকে।

আর আমরা সাধারণভাবে যে সকল চলমান বস্তু দেখি, যেমন গাড়ি, সাইকেল, রিকশা ইত্যাদির ত্বরণ হয় অসম।

গাণিতিক উদাহরণ ২.১ : একটি গাড়ির বেগ 5 m s^{-1} থেকে সুবিনভাবে বৃদ্ধি পেয়ে 10 s পরে 45 m s^{-1} হয়। গাড়িটির ত্বরণ বের কর।

আমরা জানি,

$$a = \frac{v - u}{t}$$

$$\begin{aligned} \text{বা, } a &= \frac{45 \text{ m s}^{-1} - 5 \text{ m s}^{-1}}{10 \text{ s}} \\ &= \frac{40 \text{ m s}^{-1}}{10 \text{ s}} \\ &= 4 \text{ m s}^{-2} \end{aligned}$$

উ : 4 m s^{-2}

গাণিতিক উদাহরণ ২.২ : একটি গাড়ির বেগ 20 m s^{-1} থেকে সুবিনভাবে হ্রাস পেয়ে 4 s পরে 4 m s^{-1} হয়। গাড়িটির ত্বরণ বের কর।

আমরা জানি,

$$a = \frac{v - u}{t}$$

$$\begin{aligned} \text{বা, } a &= \frac{4 \text{ m s}^{-1} - 20 \text{ m s}^{-1}}{4 \text{ s}} \\ &= \frac{-16 \text{ m s}^{-1}}{4 \text{ s}} \\ &= -4 \text{ m s}^{-2} \end{aligned}$$

উ : -4 m s^{-2}

এখানে,

অনি বেগ, $u = 5 \text{ m s}^{-1}$

শেষ বেগ, $v = 45 \text{ m s}^{-1}$

সময়, $t = 10 \text{ s}$

ত্বরণ, $a = ?$

এখানে,

অনি বেগ, $u = 20 \text{ m s}^{-1}$

শেষ বেগ, $v = 4 \text{ m s}^{-1}$

সময়, $t = 4 \text{ s}$

ত্বরণ, $a = ?$

২.৫ গতি সঞ্চারিত বিভিন্ন রাশির পারস্পরিক সম্পর্ক : গতির সমীকরণ

Equations of motion

মাত্র চারটি সমীকরণ ব্যবহার করে কোনো গতিশীল বস্তুর গতি সঞ্চারিত বিভিন্ন সমস্যার সমাধান করা যায়। এই সমীকরণগুলোকে বলা হয় গতির সমীকরণ। এই সমীকরণগুলো প্রযোজ্য হয় বস্তু যখন সুবিন ত্বরণে সরলরেখার গতিশীল থাকে। ধরা যাক, কোনো বস্তু u আদিবেগ নিয়ে a সুবিন ত্বরণে t সময় চলে s দূরত্ব অতিক্রম করে শেষ বেগ v প্রাপ্ত হয়। আমরা গতির সমীকরণগুলো নিম্নোক্ত প্রতীকগুলোর সাহায্যে প্রকাশ করি। এই প্রতীকগুলো হলো :

u = আদি বেগ অর্থাৎ সময় গণনার শুরুর্তে যে বেগ

a = সুবিন ত্বরণ

t = অতিক্রান্ত সময়

s = সরণ অর্থাৎ t সময়ে অতিক্রান্ত দূরত্ব

v = শেষ বেগ অর্থাৎ t সময় শেষে কতর বেগ।

এই পাঁচটি রাশি “*suvat*” পরস্পর এমনভাবে সম্পর্কযুক্ত যে এর যেকোনো তিনটি রাশি জানা থাকলে বাকি দুইটি রাশি বের করা যায়। এই জন্য চারটি সমীকরণ আছে। প্রত্যেকটি সমীকরণে চারটি করে রাশি আছে। জানা রাশিগুলোর মান বসিয়ে এই সমীকরণগুলোর সাহায্যে অজ্ঞাত রাশিগুলো সহজে নির্ণয় করা যায়।

২.৪ অনুচ্ছেদে আমরা দেখেছি ছরণ,

$$a = \frac{v - u}{t}$$

$$\therefore v = u + at \quad (2.1)$$

আবার ঐ অনুচ্ছেদে আমরা পেয়েছি,

$$\text{গড় দ্রুতি} = \frac{\text{অতিক্রান্ত দূরত্ব}}{\text{সময়}}$$

$$\text{বা, } \frac{u + v}{2} = \frac{s}{t}$$

$$\therefore s = \frac{(u + v)}{2} t \quad (2.2)$$

হিসাব কর : (2.1) সমীকরণের v এর মান (2.2) সমীকরণে বসায়।

$$\therefore s = ut + \frac{1}{2} at^2 \quad (2.3)$$

হিসাব কর : (2.1) সমীকরণ থেকে t এর মান বের করে (2.2) সমীকরণে বসিয়ে বাক্স গুলন কর এবং পদগুলোকে বিল্যস্ত কর ।

$$\therefore v^2 = u^2 + 2as \quad (2.4)$$

যদি কোনো সমস্যায় বলা হয় কতটুকু স্থির অবস্থান থেকে যাত্রা শুরু করেছে, তাহলে আদি বেগ $u = 0$ হবে।

গাণিতিক উদাহরণ ২.৩ : যির অবস্থান থেকে চলন্ত একটি গাড়িতে 2 m s^{-2} ত্বরণ প্রয়োগ করা হলে এর বেগ 20 m s^{-1} হলে। কত সময় ধরে ত্বরণ প্রয়োগ করা হয়েছিল?

আমরা জানি,

$$v = u + at$$

$$\begin{aligned} \text{বা, } t &= \frac{v - u}{a} \\ &= \frac{20 \text{ m s}^{-1} - 0}{2 \text{ m s}^{-2}} \\ &= 10 \text{ s} \end{aligned}$$

উ : 10 s

এখানে,

অনিকোণ, $u = 0$

শেষ বেগ, $v = 20 \text{ m s}^{-1}$

ত্বরণ, $a = 2 \text{ m s}^{-2}$

সময়, $t = ?$

গাণিতিক উদাহরণ ২.৪ : 54 km h^{-1} বেগে চলন্ত একটি গাড়িতে 5 s যাবত 4 m s^{-2} ত্বরণ প্রয়োগ করা হলো।

গাড়িটির শেষ বেগ কত এবং ত্বরণকালে কত দূরত্ব অতিক্রম করবে?

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} v &= u + at \\ &= 15 \text{ m s}^{-1} + 4 \text{ m s}^{-2} \times 5 \text{ s} \\ &= 35 \text{ m s}^{-1} \end{aligned}$$

আবার,

$$\begin{aligned} s &= ut + \frac{1}{2} at^2 \\ &= 15 \text{ m s}^{-1} \times 5 \text{ s} + \frac{1}{2} \times 4 \text{ m s}^{-2} \times (5 \text{ s})^2 \\ &= 75 \text{ m} + 50 \text{ m} \\ &= 125 \text{ m} \end{aligned}$$

উ : শেষ বেগ 35 m s^{-1} ; দূরত্ব 125 m

এখানে,

অনিকোণ, $u = 54 \text{ km h}^{-1}$

$$= 54 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{54 \times 10^3 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 15 \text{ m s}^{-1}$$

ত্বরণ, $a = 4 \text{ m s}^{-2}$

সময়, $t = 5 \text{ s}$

শেষ বেগ, $v = ?$

দূরত্ব, $s = ?$

গাণিতিক উদাহরণ ২.৫ : সোভা রাস্তায় যির অবস্থান থেকে একটি বাস 10 m s^{-2} সুস্থ ত্বরণে চলার সময় 80 m দূরত্বে রাস্তার পাশে দাঁড়ানো এক ব্যক্তিকে কত বেগে অতিক্রম করবে?

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} v^2 &= u^2 + 2as \\ \text{বা, } v^2 &= 0 + 2 \times 10 \text{ m s}^{-2} \times 80 \text{ m} \\ &= 1600 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2} \\ \therefore v &= 40 \text{ m s}^{-1} \end{aligned}$$

উ : 40 m s^{-1}

এখানে,

অনিকোণ, $u = 0$

ত্বরণ, $a = 10 \text{ m s}^{-2}$

দূরত্ব, $s = 80 \text{ m}$

শেষ বেগ, $v = ?$

২.৬ পড়ন্ত বস্তু গতি

Motion of falling bodies

অতিকর্ষ : এই মহাবিশ্বের প্রত্যেকটি বস্তু ক্বাই একে অপরকে নিজের দিকে আকর্ষণ করে। এই মহাবিশ্বের যেকোনো দুইটি বস্তুর মধ্যে যে আকর্ষণ তাকে মহাকর্ষ বলে। দুইটি বস্তুর একটি যদি পৃথিবী হয় তবে তাকে অতিকর্ষ বলে অর্থাৎ কোনো বস্তুর উপর পৃথিবীর আকর্ষণকে অতিকর্ষ বলা হয়। মহাবিশ্বের যেকোনো দুইটি বস্তুর আকর্ষণ সম্পর্কে নিউটনের একটি সূত্র আছে যা নিউটনের মহাকর্ষ সূত্র নামে পরিচিত।

নিউটনের গতির দ্বিতীয় সূত্র থেকে আমরা জানি যে বল প্রযুক্ত হলে কোনো বস্তুর ত্বরণ হয়, সুতরাং অতিকর্ষ বলের প্রভাবেও বস্তুর ত্বরণ হয়। এই ত্বরণকে অতিকর্ষজ ত্বরণ বলা হয়।

অতিকর্ষ বলের প্রভাবে ভূগুণ্ডে মুক্তভাবে পড়ন্ত কোনো বস্তুর বোঝা কৃষ্ণি হারকে অতিকর্ষজ ত্বরণ বলে। একে g দিয়ে প্রকাশ করা হয়।

যেহেতু অতিকর্ষজ ত্বরণ এক প্রকার ত্বরণ, সুতরাং এর মাত্রা হবে $[LT^{-2}]$ এবং একক হবে $m s^{-2}$ ।

ভূগুণ্ডের কোনো স্থানে g এর মানের রাশিমালা হচ্ছে,

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

এখানে, M = পৃথিবীর ভর

G = একটি বিশ্বজনীন ধ্রুবক। একে মহাকর্ষীয় ধ্রুবক বলে।

R = পৃথিবীর ব্যাসার্ধ।

যেহেতু পৃথিবী সম্পূর্ণ গোলাকার নয়, মেরু অঞ্চলে একইখানি চাপা, তাই পৃথিবীর ব্যাসার্ধ R ও ধ্রুবক নয়। সুতরাং ভূগুণ্ডের সর্বত্র g এর মান সমান নয়। মেরু অঞ্চলে পৃথিবীর ব্যাসার্ধ R সবচেয়ে কম বলে সেখানে g এর মান সবচেয়ে বেশি। অন্য বিধুর অঞ্চলে R এর মান সবচেয়ে বেশি বলে g এর মান সবচেয়ে কম।

ভূগুণ্ডে বিভিন্ন স্থানে g এর মান বিভিন্ন বলে 45° অক্ষাংশে সমুদ্র সমতলে g এর মানকে আদর্শ মান ধরা হয়। g এর আদর্শ মান হচ্ছে $9.80665 m s^{-2}$ । হিসাবের সুবিধার জন্য আদর্শমান ধরা হয় $9.8 m s^{-2}$ বা $9.81 m s^{-2}$ ।

পড়ন্ত বস্তু

কোনো বস্তুকে উপর থেকে ছেড়ে দিলে অতিকর্ষের প্রভাবে ভূমিতে পৌঁছায়। একই উচ্চতা থেকে একই সময় একটি তালী ও একটি হালকা বস্তু ছেড়ে দিলে এগুলো কি একই সময়ে ভূগুণ্ডে পৌঁছাবে?

এক টুকরা পাথর ও এক টুকরা কাগজ একই উচ্চতা থেকে ছেড়ে দিলে দেখা যায় যে, পাথরটি কাগজের আগেই মাটিতে পৌঁছায়। যেহেতু বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল অতিকর্ষজ ত্বরণ বস্তুর ভরের উপর নির্ভর করে না, তাই কাগজ ও পাথরের উপর ক্রিয়াশীল অতিকর্ষজ ত্বরণ একই। সুতরাং তাদের একই সময়ে মাটিতে পৌঁছানোর কথা। বাতাসের বাধার জন্য বস্তু দুইটি ভিন্ন সময়ে মাটিতে পৌঁছায়। বাতাসের কথা না থাকলে এগুলো অবশ্যই একই সময় মাটিতে পৌঁছাত।

পড়ন্ত বস্তুর সূত্রাবলী : পড়ন্ত বস্তু সম্পর্কে গ্যালিলিও তিনটি সূত্র বের করেন। এগুলোকে পড়ন্ত বস্তুর সূত্র বলে। এই সূত্রগুলো একমাত্র শিখর অবস্থান থেকে বিনা বাধায় পড়ন্ত বস্তুর ক্ষেত্রে প্রযোজ্য অর্থাৎ বস্তু পড়ার সময় শিখর অবস্থান থেকে পড়বে, এর কোনো আদি বেগ থাকবে না। বস্তু বিনা বাধায় মুক্তভাবে পড়বে অর্থাৎ এর উপর অতিকর্ষজ বল ছাড়া অন্য কোনো বল ক্রিয়া করবে না। যেমন— বাতাসের বাধা এর উপর ক্রিয়া করবে না।

প্রথম সূত্র : শিখর অবস্থান ও একই উচ্চতা থেকে বিনা বাধায় পড়ন্ত বস্তু সমান সময়ে সমান পথ অতিক্রম করে।

দ্বিতীয় সূত্র : শিখর অবস্থান থেকে বিনা বাধায় পড়ন্ত বস্তুর নির্দিষ্ট সময়ে (t) গ্রাস্ত বেশ (v) ঐ সময়ের সমানুপাতিক অর্থাৎ, $v \propto t$

তৃতীয় সূত্র : স্থির অবস্থান থেকে বিনা বাধায় পড়ন্ত বস্তু নির্দিষ্ট সময়ে যে দূরত্ব (h) অতিক্রম করে তা ঐ সময়ের (t) বর্গের সমানুপাতিক অর্থাৎ, $h \propto t^2$

পড়ন্ত বস্তুর সমীকরণ :

ধরা যাক, কোনো বস্তু u আদি বেগ নিয়ে অতিকর্ষের প্রভাবে মুক্তভাবে পড়ছে। t সময় পরে বস্তুটি v বেগ প্রাপ্ত হয়। বস্তুটি যদি ঐ সময়ে h দূরত্ব নেমে আসে, তাহলে গতির সমীকরণে দূরত্ব s এর পরিবর্তে h এবং ত্বরণ a এর পরিবর্তে অতিকর্ষ ত্বরণ g বসালেই পড়ন্ত বস্তুর গতির নিম্নোক্ত সমীকরণগুলো পাওয়া যাবে।

$$v = u + gt$$

$$h = \frac{(u + v)}{2} t$$

$$h = ut + \frac{1}{2} gt^2$$

$$v^2 = u^2 + 2gh$$

গাণিতিক উপায়ের ২.৬ : 50 m উঁচু দালানের ছাদ থেকে কোনো বস্তু ছেড়ে দিলে এটি কত বেগে ভূপৃষ্ঠকে আঘাত করবে ? $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$

আমরা জানি, পড়ন্ত বস্তুর ক্ষেত্রে

$$v^2 = u^2 + 2gh$$

$$\text{বা, } v^2 = 0 + 2 \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 50 \text{ m}$$

$$= 980 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$$

$$\therefore v = 31.3 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{উ: } 31.3 \text{ m s}^{-1}$$

এখানে,
আদিবেগ, $u = 0$
অতিক্রান্ত দূরত্ব, $h = 50 \text{ m}$
শেষ বেগ, $v = ?$
 $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$

২.৭ গতি ও লেখচিত্র

Motion and graph

১. দূরত্ব-সময় লেখচিত্র

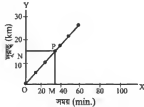
সময় অতিবাহিত হওয়ার সাথে সাথে একটি গতিশীল বস্তুর অবস্থানের পরিবর্তন ঘটে। বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব সময়ের উপর নির্ভর করে। এই সম্পর্ক একটি লেখচিত্রের মাধ্যমে প্রকাশ করা যায়। এই ক্ষেত্রে হক কলমের X -অক্ষ দ্বারা সময় (t) এবং Y - অক্ষ দ্বারা অতিক্রান্ত দূরত্ব (s) স্থাপন করা হয়। এই লেখচিত্রকে দূরত্ব-সময় লেখচিত্র ক্যা হয়। এই লেখচিত্র থেকে সহজে বস্তুর বেগ নির্ণয় করা যায়। নিম্নে সুবম বেগ ও অসম বেগের ক্ষেত্রে দূরত্ব-সময় লেখচিত্র থেকে বেগ নির্ণয়ের পদ্ধতি আলোচনা করা হলো। জটিলতা পরিহারের জন্য আমরা এখানে কেবল সরল রেখা দ্বারা চলমান বস্তুর গতি আলোচনা করব। এই ক্ষেত্রে একটি গতিশীল বস্তুর বেগের দিকের কোনো পরিবর্তন হবে না, সুতরাং কেবল মানের পরিবর্তনের জন্য বেগের পরিবর্তন ঘটবে।

(ক) সূচক বেগের ক্ষেত্রে :

ধরা যাক, কোনো সোজা সমতল রাস্তায় সিএনজি (CNG) চালিত দুগ্ধমুত্র একটি অটোরিকশা চলছে। প্রতি 12 মিনিট পরপর এর অতিক্রান্ত দূরত্ব নিচের সারণিতে দেখানো হলো।

দূরত্ব –সময় সারণি

সারণি ২.৩	
সময়, t (min)	দূরত্ব, s (km)
0	0
12	6
24	12
36	18
48	24
60	30



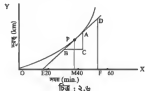
উপরের সারণিতে বর্ণিত গতির জন্য দূরত্ব –সময় লেখ চিত্রটি ২.৫ টিরে দেখানো হলো। এই চিত্র থেকে যেকোনো সময়ে ধরা যাক, 32 মিনিটে অটোরিকশাটি কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্ব বের করা যাবে। এখন আমাদেরকে প্রথমে X -অক্ষের উপর 32 মিনিট নির্দেশকারী বিন্দুটি (M) চিহ্নিত করতে হবে। তারপর ঐ বিন্দু থেকে লেখচিত্রের উপর Y -অক্ষের সমান্তরাল একটি রেখা আঁকতে হবে। মনে করা যাক, রেখাটি লেখচিত্রের উপর P বিন্দুতে মিলিত হয়। এখন P বিন্দু থেকে Y -অক্ষের উপর লম্ব টানতে হবে। এই লম্ব Y -অক্ষকে যে বিন্দুতে (N) ছেদ করে তাই হচ্ছে 32 মিনিটে অতিক্রান্ত দূরত্ব (ON)। দেখা যায় যে, অটোরিকশাটি এ সময়ে 16 km দূরত্ব অতিক্রম করেছে। সুতরাং, লেখচিত্র থেকে যেকোনো সময় $t = OM$ এর জন্য অতিক্রান্ত দূরত্ব $s = PM$ পাওয়া যায়।

\therefore বেগ = $\frac{\text{দূরত্ব}}{\text{সময়}} = \frac{PM}{OM} = \frac{ON}{OM}$, এখানে, $\frac{PM}{OM}$ কে OP রেখার ঢাল (slope) বলে।

নিম্নে কর : একটি ছক কপিলা নাও। এই কপিতে তোমার পছন্দমতো ও সুবিধামত একক নিয়ে উপরের সারণিতে বর্ণিত গতির জন্য দূরত্ব –সময় লেখ চিত্রটি অঙ্কন কর। এই লেখচিত্র থেকে 32 মিনিটে অতিক্রান্ত দূরত্ব এবং বেগ বের কর। 44 মিনিটে অতিক্রান্ত দূরত্ব ও বেগ কত হবে?

(খ) অসম বেগের ক্ষেত্রে :

২.৬ টিরে অসম বেগে গতিশীল একটি বস্তুটির দূরত্ব–সময় লেখচিত্র দেখানো হলো। যেহেতু এ ক্ষেত্রে বস্তুটি সমান সময়ে সমান দূরত্ব অতিক্রম করে না তাই লেখচিত্রটি সরল রেখা হবে না। এটি একটি বক্র রেখা হবে। যেহেতু এ ক্ষেত্রে বস্তুটি সূচক বেগে চলছে না,



কাজেই গতিকালের সকল মুহূর্তে এর বেগ সমান হয় না। লেখচিত্র থেকে আমরা কস্তুটির যেকোনো মুহূর্তের বেগ নির্ণয় করতে পারব। ধরা যাক 36 মিনিটে কস্তুটির বেগ নির্ণয় করতে হবে। এজন্য X অক্ষের উপর 36 মিনিট নির্দেশকারী বিন্দু (M) চিহ্নিত করতে হবে। M বিন্দু থেকে Y অক্ষের সমান্তরাল একটি রেখা আঁকতে হবে। ধরা যাক রেখাটি লেখচিত্রের উপর (P) বিন্দুতে মিলিত হলো। এবার P বিন্দুতে বেগ নির্ণয় করতে হলে আমাদেরকে একটি অতি ক্ষুদ্র সমকোণী ত্রিভুজ ABC বিবেচনা করতে হবে যার অভিবৃত্ত AB এত ক্ষুদ্র যে এটি P বিন্দুর অতি সন্নিহিতে বক্র রেখার সাথে কর্ণত মিলে যায়। অন্য কথায়, আমরা এই বক্র রেখার একটি বিন্দুতে বিবেচনা করছি যেটি সরল রেখারূপে গণ্য করার মতো যথেষ্ট ক্ষুদ্র।

তাহলে, P বিন্দুতে

$$\text{বেগ} = \frac{AC}{BC} \text{ দ্বারা নির্দেশিত দূরত্ব} \\ \text{BC দ্বারা নির্দেশিত সময় ব্যবধান}$$

$$\text{বা, } v = \frac{AC}{BC}$$

কিন্তু এত ছোট ত্রিভুজ বিবেচনা করে তার থেকে পরিমাপ করে সঠিক ফল পাওয়া মুশকিল। তাই আমরা P বিন্দুতে ED স্পর্শক আঁকি এবং ABC ত্রিভুজের সদৃশ কিন্তু অপেক্ষাকৃত বড় ত্রিভুজ DEF অঙ্কন করি।

$$\text{এখন ত্রিভুজ } ABC \text{ এবং ত্রিভুজ } DEF \text{ থেকে পাই, } \frac{AC}{BC} = \frac{DF}{EF}$$

$$\text{সুতরাং, } v = \frac{DF}{EF}$$

$$\text{কিন্তু } \frac{DF}{EF} \text{ হলো } ED \text{ এর ঢাল।}$$

সুতরাং P বিন্দুতে বেগ হলো ঐ বিন্দুতে অঙ্কিত স্পর্শকের ঢাল। তাই বলা যায় দূরত্ব-সময় লেখচিত্রের যেকোনো বিন্দুতে অঙ্কিত স্পর্শকের ঢাল ঐ বিন্দুতে বেগ নির্দেশ করে।

২. বেগ-সময় লেখচিত্র

অসম বেগে চলমান বস্তুটির বেগ সময়ের উপর নির্ভর করে। এই সম্পর্ক একটি লেখচিত্রের মাধ্যমে প্রকাশ করা যায়। এই ক্ষেত্রে হ্রত কালজের X -অক্ষ দ্বারাকার সময় (t) এবং Y -অক্ষ দ্বারাকার বেগ (v) স্থাপন করা হয়। এই লেখচিত্রকে বেগ-সময় লেখচিত্র বলা হয়। এই লেখচিত্র থেকে সহজে যেকোনো মুহূর্তে বেগ এবং ত্বরণ অর্থাৎ সময়ের সাথে বেগের পরিবর্তনের হার নির্ণয় করা যায়। নিম্নে সুখম ত্বরণের ক্ষেত্রে বেগ-সময় লেখচিত্র থেকে ত্বরণ নির্ণয়ের পদ্ধতি আন্দোচনা করা হলো।

সুখম ত্বরণের ক্ষেত্রে

একটি বস্তু যখন সুখম ত্বরণে চলে তখন তার সমান সময়ে বেগের বৃদ্ধি সমান হয়। সুতরাং X -অক্ষের দিকে সময় (t) এবং Y -অক্ষের দিকে বেগ (v) নিয়ে বেগ-সময় লেখচিত্র আঁকলে সেটি একটি সরল রেখা হবে (চিত্র: ২.৭)। এখন আমরা এই লেখচিত্রের উপর যেকোনো একটি বিন্দু P নেই। P থেকে X -অক্ষের উপর PM লম্ব টানি। তাহলে যেকোনো সময় OM এর জন্য বেগের পরিবর্তন PM পাওয়া যায়।



$$\text{সুতরাং ত্বরণ } a = \frac{\text{বেগের পরিবর্তন}}{\text{সময় ব্যবধান}} = \frac{PM}{OM}$$

কিন্তু $\frac{PM}{OM}$ হচ্ছে OP -এর ঢাল।

তাই ক্যা যায় বেগ-সময় লেখচিত্রের যেকোনো বিন্দুতে অঙ্কিত সার্জকের ঢাল ঐ বিন্দুতে ত্বরণ নির্দেশ করে।

নিম্নে কর : নিচের সারণিতে গুচ সেকেন্ড পরপর একটি গড়ির বেগ দেওয়া হলো।

সারণি : ২.৪

সময় (s)	বেগ (km h ⁻¹)	বেগ (m s ⁻¹)
0	0	0
5	9	2.5
10	18	5.0
15	27	7.5
20	36	10.0
25	45	12.5
30	54	15.0

একটি ছক কাগজ নও। এই কাগজে তেয়ার পছন্দমতো সুবিধাজনক একক নিয়ে উপরের সারণিতে বর্ণিত গড়ির জন্য বেগ-সময় লেখচিত্রটি অঙ্কন কর। এই লেখচিত্র থেকে 12 সেকেন্ডের সময় গাড়িটির বেগ ও ত্বরণ বের কর।

অনুশন্ধান-২.১

একটি চালু তক্তার উপরে মার্বেল গড়িয়ে পড়তে দিয়ে গড় হ্রতি নির্ণয়।

উদ্দেশ্য : বিভিন্ন ত্বরণে অভিকর্ষজ একই সূত্রের জন্য সময় নির্ণয় করে প্রতিবেদনে গড় হ্রতি নির্ণয়।

যন্ত্রপাতি : তক্তা, মিটার স্কেল, মার্বেল, ধামা খড়ি।

কামের ধারা :

১. যথাসম্ভব লম্বা একখানা তক্তা নও। মিটার স্কেলের সাহায্যে এর দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।
২. তক্তার এক প্রান্তের নিচে ইট বা বই দিয়ে উঁচু কর, ফলে তক্তাটি ঢালু হয়ে থাকবে।
৩. তক্তাটির উপরের প্রান্তে একটি মার্বেল ধর। মার্বেলটি ছেড়ে দেওয়ার সাথে সাথে ধামা খড়ি চালু কর। মার্বেলটি যখন তক্তা বেয়ে ভূমিতে আঘাত করবে তখন ধামা খড়িটি বন্ধ করে নও।

৭. ধারা -৪ এ উল্লিখিত গতির বৈশিষ্ট্যগুলো খাতায় লিপিবদ্ধ কর। এক্ষেত্রে প্রত্যেকের গতি বৃত্তাকার গতি এবং পর্যায়বৃত্ত গতি। এই গতি বৃত্তাকার গতি এবং পর্যায়বৃত্ত গতি হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা কর।
৮. ধারা -৫ এ উল্লিখিত গতির বৈশিষ্ট্যগুলো খাতায় লিপিবদ্ধ কর। এক্ষেত্রে প্রত্যেকের গতি পর্যায়বৃত্ত গতি এবং স্পন্দন গতি। এই গতি পর্যায়বৃত্ত গতি এবং স্পন্দন গতি হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা কর।
৯. এই অনুসন্ধানের মাধ্যমে প্রাপ্ত বিভিন্ন গতির তুলনা কর। এগুলোর মধ্যে পার্থক্য লিখ।

অনুসন্ধান-২.৩

১০০ মিটার দৌড়ে শিক্ষার্থীর হ্রতি নির্ণয় এবং সেখতিয়ে তা বিশ্লেষণ।

উদ্দেশ্য : বিভিন্ন সময়ে অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করে গড় হ্রতি নির্ণয়, দূরত্ব-সময় সেখতির অঙ্কন এবং যেকোনো সময়ে তাৎক্ষণিক হ্রতি নির্ণয়।

বস্তুগতি : মিটার স্কেল, থামা ঘড়ি, দড়ি অথবা মাপ ফিতা।

কাজের ধারা :

১. স্কুলের খেলার মাঠের (স্কুলের নিম্নলিখিত মঠ না থাকলে অন্য কোনো মাঠে) এক প্রান্তে একটি দড়ি সোজা করে বিছাও।
২. এই দড়ি থেকে ২৫ মিটার দূরে দূরে আরো চারটি দড়ি বিছাও। সুতরাং শেষ দড়িটি হবে ১০০ মিটার দূরে।
৩. প্রথম দড়ির কাছে জুমি মাড়াও এবং ব্যক্তি চারটি দড়ির পাশে তোমার চার বন্ধু চারটি থামা ঘড়ি নিয়ে দাঁড়াও।
৪. শিক্ষক বশিষ্ঠে হুঁ সেওয়ার সাথে সাথে জুমি সৌঁচু শুরুর করবে এবং প্রত্যেকে যার যার থামা ঘড়ি চালু করবে।
৫. সৌঁচুবিগ যখন যার সামনের দড়ি অতিক্রম করবে তখন সে তার থামা ঘড়ি বন্ধ করবে। ঘড়ির পাঠ থেকে ঐ দূরত্বের জন্য সময় পাওয়া যাবে।
৬. দূরত্বকে সময় দিয়ে ভাগ করে ঐ সময় ব্যবধানের জন্য বা ঐ দূরত্বের জন্য গড় হ্রতি পাওয়া যাবে।
৭. এখন একটি ছক কাগজে X -অক্ষের সিকে সময় (t) এবং Y -অক্ষের সিকে দূরত্ব (d) স্থাপন করে একটি সেখতি অঙ্কন কর।
৮. সেখতি থেকে যেকোনো সময়ে অতিক্রান্ত দূরত্ব এবং এই সময় ব্যবধানের গড় হ্রতি এবং ঐ মুহূর্তের তাৎক্ষণিক হ্রতি নির্ণয় কর।
৯. বিভিন্ন হ্রতিতে হেঁটে এবং দৌড়ে এই পরীক্ষণটির পুনরাবৃত্তি কর।
১০. এইভাবে প্রত্যেক শিক্ষার্থী পরীক্ষণটি সম্পন্ন কর।

অনুসন্ধানের ছক

পাঠ	অতিক্রান্ত দূরত্ব (m)	সময় (s)	গড় হ্রতি = দূরত্ব সময় ($m s^{-1}$)
1			
2			
3			
4			

৭. ধারা -৪ এ উল্লিখিত গতির বৈশিষ্ট্যগুলো খাতায় লিপিবদ্ধ কর। এক্ষেত্রে প্রত্যেকের গতি বৃত্তাকার গতি এবং পর্যায়বৃত্ত গতি। এই গতি বৃত্তাকার গতি এবং পর্যায়বৃত্ত গতি হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা কর।
৮. ধারা -৫ এ উল্লিখিত গতির বৈশিষ্ট্যগুলো খাতায় লিপিবদ্ধ কর। এক্ষেত্রে প্রত্যেকের গতি পর্যায়বৃত্ত গতি এবং স্পন্দন গতি। এই গতি পর্যায়বৃত্ত গতি এবং স্পন্দন গতি হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা কর।
৯. এই অনুসন্ধানের মাধ্যমে প্রাপ্ত বিভিন্ন গতির তুলনা কর। এগুলোর মধ্যে পার্থক্য লিখ।

অনুসন্ধান-২.৩

১০০ মিটার দৌড়ে শিক্ষার্থীর হ্রতি নির্ণয় এবং সেখতিয়ে তা বিশ্লেষণ।

উদ্দেশ্য : বিভিন্ন সময়ে অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করে গড় হ্রতি নির্ণয়, দূরত্ব-সময় সেখতির অঙ্কন এবং যেকোনো সময়ে তাৎক্ষণিক হ্রতি নির্ণয়।

বস্তুগতি : মিটার স্কেল, থামা ঘড়ি, দড়ি অথবা মাপ ফিতা।

কাজের ধারা :

১. স্কুলের খেলার মাঠের (স্কুলের নিম্নলিখিত মঠ না থাকলে অন্য কোনো মাঠে) এক প্রান্তে একটি দড়ি সোজা করে বিছাও।
২. এই দড়ি থেকে ২৫ মিটার দূরে দূরে আরো চারটি দড়ি বিছাও। সুতরাং শেষ দড়িটি হবে ১০০ মিটার দূরে।
৩. প্রথম দড়ির কাছে জুমি মাড়াও এবং ব্যক্তি চারটি দড়ির পাশে তোমার চার বন্ধু চারটি থামা ঘড়ি নিয়ে দাঁড়াও।
৪. শিক্ষক বশিষ্ঠে হুঁ সেওয়ার সাথে সাথে জুমি সৌঁচু শুরুর করবে এবং প্রত্যেকে যার যার থামা ঘড়ি চালু করবে।
৫. সৌঁচুবিগ যখন যার সামনের দড়ি অতিক্রম করবে তখন সে তার থামা ঘড়ি বন্ধ করবে। ঘড়ির পাঠ থেকে ঐ দূরত্বের জন্য সময় পাওয়া যাবে।
৬. দূরত্বকে সময় দিয়ে ভাগ করে ঐ সময় ব্যবধানের জন্য বা ঐ দূরত্বের জন্য গড় হ্রতি পাওয়া যাবে।
৭. এখন একটি ছক কাগজে X -অক্ষের সিকে সময় (t) এবং Y -অক্ষের সিকে দূরত্ব (d) স্থাপন করে একটি সেখতি অঙ্কন কর।
৮. সেখতি থেকে যেকোনো সময়ে অতিক্রান্ত দূরত্ব এবং এই সময় ব্যবধানের গড় হ্রতি এবং ঐ মুহূর্তের তাৎক্ষণিক হ্রতি নির্ণয় কর।
৯. বিভিন্ন হ্রতিতে হেঁটে এবং দৌড়ে এই পরীক্ষণটির পুনরাবৃত্তি কর।
১০. এইভাবে প্রত্যেক শিক্ষার্থী পরীক্ষণটি সম্পন্ন কর।

অনুসন্ধানের ছক

পাঠ	অতিক্রান্ত দূরত্ব (m)	সময় (s)	গড় হ্রতি = দূরত্ব সময় ($m s^{-1}$)
1			
2			
3			
4			

অনুশীলনী

ক. বহুনির্বাচনী প্রশ্ন

সঠিক উত্তরটির পাশে টিক (✓) চিহ্ন দাও

১। দূরত্বের একক কোনটি?

- (ক) $m s^{-1}$ (খ) $m s^{-2}$ (গ) $N s$ (ঘ) $kg s^{-2}$

২। ঘড়ির কাঁটার গতি কী রকম গতি?

- (ক) রৈখিক গতি (খ) উপবৃত্তাকার গতি
(গ) পর্যায়বৃত্ত গতি (ঘ) স্পন্দন গতি

৩। শিখর অবস্থান থেকে বিনা বাধায় পড়ন্ত কতটুকু নির্দিষ্ট সময়ে যে দূরত্ব অতিক্রম করে তা ঐ সময়ের—

- (ক) সমানুপাতিক (খ) বর্গের সমানুপাতিক
(গ) ব্যস্তানুপাতিক (ঘ) বর্গের ব্যস্তানুপাতিক

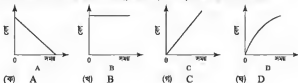
৪। একটি কস্তু শিখর অবস্থান থেকে a সমত্বরণে চলছে। নির্দিষ্ট সময়ে এই কস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব হবে —

- (i) $s = \frac{(u+v)}{2} t$ (ii) $s = ut + \frac{1}{2} at^2$ (iii) $s^2 = u^2 + 2as$

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i (খ) ii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

৫। নিচের বেগ-সময় লেখচিত্রের কোনটি মুক্তভাবে পড়ন্ত কস্তুর লেখচিত্র নির্দেশ করে?



খ. সূজনশীল প্রশ্ন

১। রাজীবরা সপরিবারে সিলেটের জাকলং বেড়াতে যাবার জন্য একটি মাইক্রোবাসে রওনা হলো। সে যাত্রার শুরু থেকে সিলেট যাওয়া পর্যন্ত প্রতি 5 min পরপর গাড়ির স্পিডোমিটার থেকে বেগের মান তথ্য দ্রুতি লিখে নিল। বেগের মান স্কেল যথাক্রমে প্রতি ৫টার 18, 36, 54, 54, 36 ও 18 কিলোমিটার।

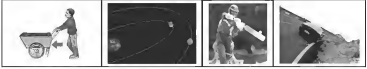
(ক) তাত্ক্ষণিক দ্রুতি কী?

(খ) বৃত্তাকার পথে গতিশীল কোনো কস্তুর ঘূর্ণন ব্যাখ্যা কর।

(গ) প্রথম ৫ মিনিটে গাড়িটির অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় কর।

(ঘ) সম্বৃহিত উপাত্ত দিয়ে বেগ-সময় লেখচিত্র অঙ্কন করে তা ব্যাখ্যা কর।

তৃতীয় অধ্যায় বল FORCE



স্যার আইজাক নিউটন কস্তুর গতি নিয়ে ব্যাপক গবেষণা করেন। তিনি গতির মৌলিক নীতিগুলোকে তিনটি সূত্রের মাধ্যমে প্রকাশ করেন। এ অধ্যায়ে আমরা গতি বিবরক এই সূত্রগুলো আলোচনা করব। এ ছাড়াও কস্তুর জড়তা, বল, বলের প্রকৃতি, ভরবেগ, ঘর্ষণ ও নিরাক্ষর ভ্রমণ নিয়ে এ অধ্যায়ে আলোচিত হবে।]

এই অধ্যায় পাঠ শেষে আমরা –

১. কস্তুর জড়তা ও বলের গুণগত ধারণা নিউটনের গতির প্রথম সূত্র ব্যবহার করে ব্যাখ্যা করতে পারব।
২. বিভিন্ন প্রকার বলের প্রকৃতি ব্যাখ্যা করতে পারব।
৩. সাদ্য ও জড়ত্ব বলের প্রভাব ব্যাখ্যা করতে পারব।
৪. ভরবেগ ব্যাখ্যা করতে পারব।
৫. গতি এবং কস্তুর আকারের উপর বলের প্রভাব বিশ্লেষণ করতে পারব।
৬. নিউটনের গতির দ্বিতীয় সূত্র ব্যবহার করে বল পরিমাপ করতে পারব।
৭. নিউটনের গতির তৃতীয় সূত্র ব্যবহার করে ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল ব্যাখ্যা করতে পারব।
৮. নিরাক্ষর ভ্রমণে গতি এবং বলের প্রভাব বিশ্লেষণ করতে পারব।
৯. ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র ও সংঘর্ষ ব্যাখ্যা করতে পারব।
১০. বিভিন্ন প্রকার ঘর্ষণ এবং ঘর্ষণ বল ব্যাখ্যা করতে পারব।
১১. কস্তুর গতির উপর ঘর্ষণের প্রভাব বিশ্লেষণ করতে পারব।
১২. ঘর্ষণ ত্র্যাস-স্থিতি করার উপায় ব্যাখ্যা করতে পারব।
১৩. আমাদের জীবনে ঘর্ষণের ইতিবাচক প্রভাব বিশ্লেষণ করতে পারব।

৩.১ জড়তা এবং বলের গুণগত ধারণা- নিউটনের প্রথম সূত্র

Inertia and qualitative concept of force- Newton's first law

আমরা আমাদের চারপাশে নানা ধরনের বস্তু দেখতে পাই। এদের কোনোটি স্থির, আবার কোনোটি গতিশীল। স্থিতি, গতি, সরণ, বেগ, ত্বরণ ইত্যাদি সম্পর্কে আমরা ইতোমধ্যেই জানেছি। স্থির বস্তুগুলোর মধ্যে রয়েছে চেয়ার, টেবিল, ঘরবাড়ি, কার্টের গুঁড়ি ইত্যাদি। আবার গতিশীল বস্তুগুলোর মধ্যে রয়েছে চলন্ত রিকশা, বাস, সাইকেল, পতনশীল বস্তু ইত্যাদি। স্থির বস্তুগুলো কি নিজে থেকে নিজেদের গতিশীল করতে পারে? আজ রাতে তোমার পড়ার টেবিলকে যেখানে দেখতে পেলো আগামীকাল সকালে এটি কি সেখানে থাকবে? এসব বাস্তব অভিজ্ঞতা থেকে আমরা কী দেখতে পাই? আমরা দেখি, যে বস্তুগুলো স্থির ছিল সেগুলো স্থিরই রয়েছে। এগুলো নিজে থেকে গতিশীল হতে পারে না। আবার ধর, তোমার এক বন্ধু সমতল রাস্তায় সাইকেল চালিয়ে যাচ্ছে। কোনো এক সময় সে সাইকেলে প্যাডেল দেওয়া বন্ধ করে দিল। সাইকেলটি কি সজে সজে থেমে যাবে? আমরা দেখতে পাই সাইকেলটি কিছু পথ চলা পর আস্তে আস্তে থেমে যায়। যদি বায়ুর বাধা এক রাস্তার ঘর্বণ না থাকত তাহলে সাইকেলটি কি অবিরাম গতিতে চলতে থাকত?

এ সকল ঘটনা থেকে আমরা বুঝতে পারি, প্রত্যেক বস্তুই যে অবস্থায় আছে, সেই অবস্থায়ই থাকতে চায়। কোনো বস্তু যদি স্থির থাকে, তবে এটি স্থিরই থাকতে চায়। আবার বস্তু গতিশীল থাকলে এটি গতিশীল থাকতে চায়। বস্তুর নিজস্ব অবস্থা বজায় রাখতে চাওয়ার যে প্রবণতা বা ধর্ম তাই হলো জড়তা। সুতরাং বস্তু যে অবস্থায় আছে চিরকাল সে অবস্থায় থাকতে চাওয়ার যে প্রবণতা বা সে অবস্থা বজায় রাখতে চাওয়ার যে ধর্ম তাকে জড়তা বলে।

কোনো বস্তুর জড়তা এর ভরের উপর নির্ভর করে। অর্থাৎ ভর হচ্ছে এর জড়তার পরিমাপ। যে বস্তুর ভর বেশি তার জড়তা বেশি। অন্যভাবে বলা যায়, যে বস্তুর জড়তা বেশি তাকে গতিশীল করা, বেল্ট্রাস বা বৃন্দ করা কিংবা বেগের দিক পরিবর্তন করা তত কঠিন।

নিম্নে কর

- একটি কলম ও একটি বই টেবিলের উপর রাখ। এবার কলমটিকে হাতের আঙুল দিয়ে টোকা দাও। কী দেখতে পেলো? কলমটি টেবিলের উপর থানিকটা দূরে সরে গেল।
- এবার বইটিকে আগের মতোই আঙুল দিয়ে টোকা দাও। বইটি আস্তে সরছে না। এবার বইটিকে হাত দিয়ে ধাক্কা দাও। এখন বইটি এক স্থান থেকে অন্য স্থানে সরে যাবে।

কলম ও বইয়ের মধ্যে বইকে সরাতো বেশি চেষ্টা করতে হয়েছে কারণ, কলমের চেয়ে বইয়ের ভর বেশি অর্থাৎ জড়তা বেশি।

জড়তার উদাহরণ

যেমে থাকা বাস হঠাৎ চলতে শুরু করলে বাসযাত্রী পেছনের দিকে হেলে পড়েন। এর কারণ হলো স্থিতি জড়তা। বাস যখন স্থির অবস্থায় থাকে তখন যাত্রীর শরীরও স্থির থাকে। কিন্তু বাস চলতে আরম্ভ করলে যাত্রীর শরীরের বাস

সম্পূর্ণ অংশ গতিশীল হয়। কিন্তু শরীরের উপরের অংশ স্থিতি জড়তার জন্য স্থির অবস্থায় থাকতে চায়। তাই শরীরের নিচের অংশ সাপেক্ষে উপরের অংশ গিঁদিয়ে পড়ে। যার ফলে যাত্রী শেঁদনের দিকে হেলে পড়েন। আবার চলন্ত বাসে হঠাৎ ব্রেক করলে যাত্রীরা সামনের দিকে ঝুঁকে পড়েন। রাস যখন চলন্ত অবস্থায় থাকে, তখন বাসের যাত্রীও বাসের সাথে একই গতিপ্রাপ্ত হয়। রাস হঠাৎ থেমে গেলে বাসের সাথে সাথে যাত্রীর শরীরের নিচের অংশ স্থির হয়। কিন্তু বাসযাত্রীর শরীরের উপরের অংশ গতি জড়তার জন্য সামনের দিকে এগিয়ে যায়।

গাড়ি চালানোর সময় গাড়ির চালকগণ নিরাপত্তার কারণে সিটবেল্ট বঁধেন। এর কারণ কী? এর মূলে রয়েছে জড়তা। যদি তিনি সিটবেল্ট ব্যবহার না করেন, তবে হুত ব্রেক করার কারণে গতি জড়তার জন্য সামনের দিকে ঝুঁকে পড়বেন। এর ফলে তিনি তার সামনে গাড়ির স্টিকারিসহ অন্যান্য বস্তুতে সজোরে আঘাত করবেন, কলে মারাত্মক দুর্ঘটনা ঘটতে পারে। শুধু চালক নয়, যে সকল গাড়িতে সিট বেষ্টের ব্যবস্থা আছে সেই সকল গাড়ির যাত্রীদেরও সিট বেষ্ট বঁধা উচিত।

বল

আমাদের দৈনন্দিন অভিজ্ঞতা থেকে বল সম্পর্কে একটি সাধারণ ধারণা আছে। আমরা যখন কোনো বস্তুকে টানি বা ঠেলি, তখন আমরা বলি যে বস্তুটিতে বল প্রয়োগ করা হয়েছে। এই প্রকৃত্ত বল শির বস্তুকে গতিশীল করতে পারে, আবার গতি সৃষ্টির চেঁটাও করতে পারে। আবার বস্তুটি যদি গতিশীল অবস্থায় থাকে, তাহলে প্রকৃত্ত বল বস্তুটিকে থামাতে পারে বা বেশ বৃষ্টির চেঁটা করতে পারে। অর্থাৎ কোনো বল বস্তুতে ত্বরণ সৃষ্টি করতে পারে। বল কোনো বস্তুকে বিকৃতও করতে পারে অর্থাৎ আকারের পরিবর্তন করতে পারে। আমরা যখন কোনো রানারের টুকরা বা শিশুর দুইপ্রান্ত ধরে বল প্রয়োগ করি তখন তা বিকৃত হয়ে প্রসারিত বা সংকুচিত হয়।



চিত্র: ৩.১

এখন আমরা দেখব নিউটনের প্রথম সূত্র থেকে কীভাবে জড়তা ও বল সম্পর্কে ধারণা লাভ করা যায়। নিউটনের গতি বিধের প্রথম সূত্রটি হলো—

‘বাহ্যিক কোনো বল প্রয়োগ না করলে স্থির বস্তু স্থির থাকবে এবং গতিশীল বস্তু সুষম দ্রুতিতে সরলপথে চলতে থাকবে।’

নিউটনের প্রথম সূত্রটি পদার্থের জড়তা ধর্মকে প্রকাশ করে এবং বস্তু সজ্ঞা প্রদান করে।

নিউটনের প্রথম সূত্র থেকে দেখতে পাই যে, কোনো বস্তু নিজে থেকে তার অবস্থার পরিবর্তন ঘটতে পারে না। বস্তু স্থির থাকলে তিরকাল স্থির থাকতে চায়, আর গতিশীল থাকলে তিরকাল সুষম দ্রুতিতে সরলপথে চলতে চায়। বস্তুর এ ধর্মই হলো জড়তা। অর্থাৎ নিউটনের প্রথম সূত্র থেকে জড়তার ধারণা পাওয়া যায়।

আবার নিউটনের প্রথম সূত্র থেকে জানা যায় যে, বস্তুর অবস্থার পরিবর্তন ঘটতে হলে বাইরে থেকে একটা কিছু প্রয়োগ করতে হবে। অর্থাৎ বা বস্তুর অবস্থার পরিবর্তন করতে বাধ্য করে বা করতে চায় তাই হচ্ছে বল। তাই নিউটনের প্রথম সূত্র থেকে বলের পুঙ্খপস্ট সজ্ঞা পাওয়া যায়। নিউটনের প্রথম সূত্রানুসারে বা স্থির বস্তুর উপর ক্রিয়া করে তাকে গতিশীল করে বা করার চেঁটা করে বা গতিশীল বস্তুর উপর ক্রিয়া করে তার গতির পরিবর্তন করে বা করার চেঁটা করে তাকে বল বলে।

৩.২ বলের প্রকৃতি

Nature of force

স্পর্শ বল :

দৈনন্দিন জীবনে বিভিন্ন ধরনের বলের সঙ্গে আমাদের পরিচয় ঘটে। এদের প্রকৃতিও বিভিন্ন ধরনের। এদের কোনোটি দুইটি বস্তুর প্রত্যক্ষ সংলগ্নের ফলে সৃষ্টি হয়। আবার এমন কতকগুলো বল রয়েছে যেখানে দুইটি বস্তুর প্রত্যক্ষ সংলগ্নের প্রয়োজন নেই। যে বল সৃষ্টির জন্য দুইটি বস্তুর প্রত্যক্ষ সংলগ্নের প্রয়োজন তাকে স্পর্শ বল বলে। যখন আমরা হাত দিয়ে কোনো বস্তুকে ঠেসি বা টানি তখন আমাদের হাত বস্তুর উপর একটি বল প্রয়োগ করে। এই ঠেলা বা টানা বল হচ্ছে স্পর্শ বল। কেননা হাত ও বস্তুর প্রত্যক্ষ সংলগ্নের ফলস্রুতি হচ্ছে এ বল। স্পর্শ বলের উদাহরণ হলো- ঘর্ষণ বল, টান বল এবং সংঘর্ষের সময় সৃষ্ট বল।

আমরা জানি, একটি বস্তু যখন অন্য একটি বস্তুর উপর দিয়ে চলতে চেষ্টা করে বা চলতে থাকে তখন বস্তুদ্বয়ের স্পর্শতলে গতির বিরুদ্ধে বাধাদানকারী ঘর্ষণ বলের সৃষ্টি হয়। এখানে দুইটি বস্তুর তলের মধ্যে প্রত্যক্ষ সংলগ্নের ফলে ঘর্ষণ বলের উদ্ভব হয়। মেঝের উপর দিয়ে একটি বস্তুকে টেনে নেওয়ার সময় আমরা টান বল প্রয়োগ করি। বলের গতির বিপরীত দিকে তখন ঘর্ষণ বলের সৃষ্টি হয়।

অস্পর্শ বল :

দুইটি বস্তুর প্রত্যক্ষ সংলগ্ন ছাড়াই যে বল ক্রিয়া করে তাকে অস্পর্শ বল বলে। যেমন দুইটি বস্তুর মধ্যে ক্রিয়ানীল আকর্ষণমূলক মহাকর্ষ বল, দুইটি আহিত বস্তুর মধ্যে ক্রিয়ানীল আকর্ষণ বা বিকর্ষণকারী তড়িৎ বল, দুইটি চুম্বকের মেঝুর মধ্যে আকর্ষণ বা বিকর্ষণমূলক বল অথবা একটি চুম্বক ও একটি চৌম্বক পদার্থের মধ্যে ক্রিয়ানীল আকর্ষণ বল হলো অস্পর্শ বল তথা দূরবর্তী বলের উদাহরণ।

দিয়ে বল : তুমি হাত থেকে বলম বা পেন্সিল বা অন্য যেকোনো একটি বস্তু ছেড়ে দাও।

কতকটি দিকের দিকে পড়বে। কেউ নিশ্চয়ই কতকটি দিকের দিকে টানবে। কে টানবে? পৃথিবী কতকটি দিকের দিকে টানবে, যদিও বস্তু ও পৃথিবীর মধ্যে সরাসরি কোনো সংযোগ নেই অর্থাৎ পৃথিবী কতকটি দিকে স্পর্শ করে নাই। পৃথিবী বস্তুর উপর মহাকর্ষ বল প্রয়োগ করেছে। এখানে মহাকর্ষ বল হচ্ছে অস্পর্শ বল। মহাবিশ্বের যেকোনো দুইটি বস্তু পরস্পরের উপর মহাকর্ষ বল প্রয়োগ করে থাকে। অবশ্য পৃথিবী যখন কোনো বস্তুর উপর মহাকর্ষ বল প্রয়োগ করে তখন তাকে অভিকর্ষ বল বলা হয়ে থাকে।

৩.৩ সাম্য ও অসাম্য বল

Balanced and unbalanced forces

কোনো বস্তুর উপর একাধিক বল ক্রিয়া করলে যদি বলের লব্ধি শূন্য হয় অর্থাৎ বস্তুর কোনো ত্বরণ না হয়, তখন আমরা বলি কতটুকু সাম্যাবস্থায় আছে। যে কলসুলো এই সাম্যাবস্থা সৃষ্টি করে তাদেরকে সাম্য বল বলে।

চিত্রে দেখা যাচ্ছে একটি গোলককে ব বোনে কতটুকু একটি সুতার সহায়ে স্থিতিয়ে নেওয়া আছে।

এখন কতটুকু উপর পৃথিবীর আকর্ষণ বল তথা কতটুকু ওজন W খাড়া নিচের দিকে ক্রিয়া করছে। অন্যর সুতার টান T খাড়া উপরের দিকে ক্রিয়া করছে। এখানে বল দুইটি সমান ও বিপরীতমুখী হওয়ায় একে অপরকে নিষ্কির্য করে দিয়ে সমত্বরণ সৃষ্টি করেছে।

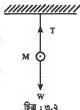
যদি উপরিউক্ত চিত্রে সুতা কেটে দেওয়া হয় তাহলে কতটুকু উপর কেবলমাত্র পৃথিবীর আকর্ষণ তথা অতিকর্ষ বল ক্রিয়া করবে। ফলে কতটুকু অতিকর্ষ ত্বরণ সহকারে নিচের দিকে পড়তে থাকবে। এখানে অতিকর্ষ বল বা কতটুকু ওজন হচ্ছে অসাম্য বল।

যদি কতটুকুকে একপাশে একটু টেনে দেওয়া হয় তাহলে সুতার টান T এবং কতটুকু ওজন W একই সরল রেখায় থাকবে না। ফলে সাম্যাবস্থার সৃষ্টি না হয়ে কতটুকুর উপর একটি লব্ধি বল কাজ করবে। এর ফলে কতটুকু দুলতে থাকবে। এটা অসাম্য বলের একটি উদাহরণ।

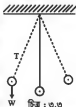
সাম্য ও অসাম্য বলের অন্য উদাহরণ তেমনটা রশি টানটানি প্রতিযোগিতার মধ্যে থাকতে পার।

এই প্রতিযোগিতায় রশির মাঝখানে একটি হুয়াস বাধা থাকে। প্রতিযোগিতার সময় সমান সংখ্যক প্রতিযোগী রশির দুই প্রান্ত ধরে তাদের দিকে রশিটিকে টেনে হুয়াসটিকে তাদের দিকে সরতে চেষ্টা করে। হুয়াসটি যদি কোনো দিকে না সরে তা হলে বুঝা যায় দুই দলই সমান বল প্রয়োগ করেছে ফলে রশিটি তথা হুয়াসটি সাম্যাবস্থায় আছে। এখানে দুই দলের প্রাপ্ত বল হলো সাম্য বল।

আর যদি কোনো একদল বেশি বল প্রয়োগ করতে পারে, তাহলে লব্ধি বল তাদের দিকে ক্রিয়া করে অসাম্য বলের সৃষ্টি করবে এবং হুয়াসটি তাদের দিকে সরে যাবে। ফলে প্রতিযোগিতার তারা বিজয়ী ঘোষিত হবে।



চিত্র : ৩.২



চিত্র : ৩.৩



চিত্র : ৩.৪



চিত্র : ৩.৫

৩.৪ ভরবেগ

Momentum

গতিশীল বস্তুর ভর ও বেগের সমন্বয়ে যে ভৌত রাশির উদ্ভব হয় তা হলো ঐ বস্তুর ভরবেগ। ভরবেগ বস্তুর ভর এবং বেগের উপর নির্ভরশীল। মালবাহী একটি ট্রাক এবং একটি গ্রাইন্ডেট পাড়ির কথা চিন্তা কর। মনে কর, দুইটি গাড়িই সমদ্রুতিতে একটি নির্দিষ্ট দিকে গতিশীল। গাড়ি দুইটিকে একই দূরত্বের মধ্যে ধামাতে হবে। কোন গাড়িটিকে ধামাতে শক্তিশালী ব্রেক প্রয়োগ করতে হবে? ট্রাককে। কারণ ট্রাক এবং গাড়ি একই দ্রুতিতে গতিশীল থাকা সত্ত্বেও ট্রাক যে ভৌত রাশি বেশি ধারণ করে তা হলো এর ভরবেগ।

কোনো গতিশীল বস্তুকে ধামানো কত কষ্টসাধ্য বা কঠিন ভরবেগ হচ্ছে তার একটি পরিমাপ। ভরবেগ বলের সঙ্গে সম্পর্কিত। নিউটনের দ্বিতীয় সূত্রে এ সম্পর্কটি পরিমাপগতভাবে পাওয়া যায়।

কোনো বস্তুর ভর ও বেগের গুণফলকে এর ভরবেগ বলে।

ধরি, একটি বস্তুর ভর = m

বেগ = v

$$\therefore \text{ভরবেগ } p = mv \quad (3.1)$$

ভরবেগ একটি ভেক্টর রাশি। এর দিক বেগের দিকে।

সমীকরণ (3.1) থেকে দেখা যায়, কোনো বস্তুর ভর যত বেশি হবে এবং বস্তু যত দ্রুত চলবে তার ভরবেগও তত বেশি হবে।

একক: ভরবেগের একক হলো, ভরের একক \times বেগের একক অর্থাৎ $\text{kg} \times \text{ms}^{-1}$ বা kg ms^{-1} ।

1 kg ভরের কোনো বস্তু 1ms^{-1} বেগে চললে এর ভরবেগ হবে 1kg ms^{-1}

ভরবেগের মাত্রা : $[p] = MLT^{-1}$

৩.৫ বস্তুর গতির এবং আকারের উপর বলের প্রভাব

Effect of force on motion and shape of a body

প্রদত্ত বল কোনো স্থির বস্তুকে গতিশীল করতে পারে

যখন কোনো খেলোয়াড় স্থির হুটকাকে কিক করেন তখন কী ঘটে? দেখা যায় যে, হুটকাটি স্থির অবস্থা থেকে যে দিকে হুটকাটিকে কিক করা হয়েছে সে দিকে গতিশীল হয়। অর্থাৎ এক্ষেত্রে হুটকাটি স্থির অবস্থা থেকে ত্বরণ লাভ করে। এক্ষেত্রে স্ট্রুট ত্বরণের মান বনামক এবং ত্বরণের দিক হলো কিকের মাধ্যমে যে দিকে বল প্রয়োগ করা হয় সেই দিকে।

প্রদত্ত বল গতিশীল বস্তুকে বেগ বৃদ্ধি করতে পারে

দিলে করি: একটি গড়ানো মার্কোকে মার্কোটি যে দিকে গড়িয়ে যাচ্ছে সে দিক বরাবর চৌকস লাগ। কী দেখতে পেলো?

মার্কোনিটি দ্বারাও বেশি দ্রুত গড়তে লাগল। একেবারে মার্কোনির গতি বৃদ্ধি পেয়েছে অর্থাৎ মার্কোনির কণামাক ছড়ান হয়েছে।

কল গ্রন্থোপের ফলে গতিশীল কণার কোণ্ডাল গঠন

এবার দ্বিতীয়, তেজস্বী বস্তু ত্রিকণার তেজস্বী সনদে গিয়ে যাচ্ছে। তাকে লেখতে গেলে স্থিতি ত্রিকণা টেনে ধরলে। তা হলে ত্রিকণার গতি দ্বন্দ্বের হবে অর্থাৎ কল গ্রন্থোপে গতিশীল ত্রিকণার কোণ কমে পেল।

গ্রন্থ কল কোণে গতিশীল কণার বেগের নিক পরিবর্তন করতে পারে

ক্রিকেট ক্রিকেট একজন খেলোয়াড় বিশেষিত নিক থেকে আলত ক্রিকেট ক্রিকেট হ্যাট দ্বারা আঘাত করেন। হ্যাট দ্বারা আঘাতের ফলে ক্রিকেট ক্রিকেট দান ও নিক উভয়েই পরিবর্তিত হয়। যে নিক থেকে ক্রিকেট আঘাত হ্যাট দ্বারা আঘাতের ফলে এটি আঘাত কোণে নিকে গতিশীল হয়। একেবারে ক্রিকেট ক্রিকেট দ্বারা ছড়ান হয়েছে।

কণার আকারের উপর ফলে গ্রন্থ

আঘাতের চক্রগণে এমন অনেক উদাহরণ রয়েছে যেখানে ফলে ক্রিকেট কণার আকারের পরিবর্তন হয়। একটি গতি প্রসিকের পানির বোতল টেনে ধরলে বোতলের আকারের পরিবর্তন হয়। আঘাতের ফলে কোণে আঘাতের ফলে টেনে টেনে করা হয়। তখন এটি সূচী হয়ে যায় অর্থাৎ এর আকারের পরিবর্তন হয়।



চিত্র ৩.৬

কোনো কণার আঘাতের ফলে কণার এই আকারের পরিবর্তন

কণামাকী হয়। আঘাতের ফলে কল গ্রন্থোপের ফলে আঘাতের ফলে কণার আকারের পরিবর্তন সংঘটিত হয়। উদাহরণ হিসেবে দুইটি-দুইটি আঘাত দ্বারা কল গ্রন্থোপের ফলে কোণে গতিশীল ফলে এ ফলে পরিবর্তন ঘটে।

৩.৬ কল এবং ফলে সনদ - নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র

Relation between force and acceleration- Newton's second law

নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র ফলে গুলত দ্বারা গেল। নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র কল পরিমাণের সনদকরণ প্রদান করে।

নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র থেকে কণার উপর ক্রিয়াশীল কল এক এর ফলে সূচী ফলে ফলে সনদকরণ দ্বারা দান। সূত্রটি নিম্নরূপ:

কণার তরবেগের পরিবর্তনের ফলে এর উপর গ্রন্থ ফলে সনদকরণ এক কল যেভাবে ক্রিয়া করে কণার তরবেগের পরিবর্তনও সেভাবে ঘটে।

ধরা যাক, m ভরবিশিষ্ট একটি কণা u দানবেগে চলছে। এখন F গ্রন্থ কল কণার উপর t সময় ধরে ক্রিয়া করে কণার দানবেগ ক্রিয়া করবে। ধরা যাক, কল গ্রন্থোপের ফলে কণার কোণ v হতে পরিবর্তিত হয়ে v হওয়া।

∴ কণার দানবেগ = mu

∴ কণার শেষ তরবেগ = mv

সেখানে কণার তরবেগের পরিবর্তন = $mv - mu$

$$\text{সুতরাং, কস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনের হার} = \frac{mv - mu}{t}$$

$$= ma \quad \therefore \text{ত্বরণ, } a = \frac{v - u}{t}$$

নিউটনের গতির দ্বিতীয় সূত্রানুসারে, কস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনের হার প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক অর্থাৎ, $ma \propto F$

$$= kF \quad (3.2)$$

এখানে k একটি সমানুপাতিক হ্রস্বক। এর মান বলের এককের উপর নির্ভর করে। এ সমীকরণ থেকে বলের এককের সজ্ঞা দেওয়া হয়। বলের একককে বলা হয় নিউটন (N)। এ এককের সজ্ঞা এমনভাবে দেওয়া হয় যাতে $k=1$ হয়। যখন $m = 1\text{ kg}$, $a = 1\text{ ms}^{-2}$

তখন $F = 1\text{ N}$ ধরা হয় ফলে উপরিউক্ত (3.2) সমীকরণে $1 \times 1 = k \times 1$ বা $k=1$ হয়।

সুতরাং তর m কে kg , ত্বরণ a কে ms^{-2} এবং বল F কে N -দ্বারা প্রকাশ করলে সমীকরণ (3.2) থেকে পাওয়া যায়-

$$ma = 1.F$$

$$\text{বা } F = ma \quad (3.3)$$

বা বল = ভর \times ত্বরণ

$$\text{বলের মাত্রা : } [F] = MLT^{-2}$$

পাণিতিক উদাহরণ ৩.১: 50 kg ভরের একটি কস্তুর উপর কত বল প্রয়োগ করা হলে এর ত্বরণ 4 ms^{-2} হবে?

আমরা জানি

$$\begin{aligned} F &= ma \\ &= 50\text{ kg} \times 4\text{ ms}^{-2} \\ &= 200\text{ kg ms}^{-2} \\ &= 200\text{ N} \end{aligned}$$

উত্তর : 200 N

এখানে,

$$\text{কস্তুর ভর, } m = 50\text{ kg}$$

$$\text{ত্বরণ, } a = 4\text{ ms}^{-2}$$

$$\text{বল, } F = ?$$

পাণিতিক উদাহরণ ৩.২: একটি বালক 50 N বল দ্বারা 20 kg ভরের একটি বস্তুকে ধাক্কা দেয়। বস্তুটির ত্বরণ কত হবে?

আমরা জানি

$$\begin{aligned} F &= ma \\ a &= \frac{F}{m} \\ &= \frac{50\text{ N}}{20\text{ kg}} \\ &= 2.5\text{ ms}^{-2} \end{aligned}$$

উত্তর : 2.5 ms^{-2}

এখানে,

$$\text{কস্তুর ভর, } m = 20\text{ kg}$$

$$\text{প্রযুক্ত বল, } F = 50\text{ N}$$

$$\text{কস্তুর ত্বরণ, } a = ?$$

৩.৭ ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল- নিউটনের তৃতীয় সূত্র

Action and reaction force- Newton's third law

বলের একটি বৈশিষ্ট্য হচ্ছে প্রকৃতিতে বল জোড়ায় জোড়ায় ক্রিয়া করে। যখনই কোনো বস্তুর উপর একটি বল প্রযুক্ত হয়, তখনই একটি সময়ানের এবং বিপরীতমুখী বল অন্য একটি বস্তুর উপর ক্রিয়া করে। এই বিষয়টিকে সাধারণত এভাবে বলা হয়-

প্রত্যেক ক্রিয়ারই একটি সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়া আছে।

এটি নিউটনের গতির তৃতীয় সূত্র হিসেবে পরিচিত।

কর্ণাথ নিউটনের তৃতীয় সূত্রানুসারে ক্রিয়া বল ও প্রতিক্রিয়া বলের মান সমান কিন্তু এদের দিক বিপরীতমুখী। ৩.৭ চিত্রে P বস্তুটি যদি Q বস্তুর উপর F_1 বল প্রয়োগ করে, তখন সূত্রানুসারে Q বস্তুটিও P বস্তুর উপর সমান ও বিপরীতমুখী বল F_2 প্রয়োগ করবে। এখানে P বস্তু কর্তৃক Q বস্তুর উপর প্রযুক্ত বলকে ক্রিয়া বল এবং Q বস্তু কর্তৃক P বস্তুর উপর প্রযুক্ত বলকে প্রতিক্রিয়া বল বলে।



চিত্র : ৩.৭

সুতরাং, নিউটনের তৃতীয় সূত্রানুসারে, $F_2 = -F_1$

লক্ষণীয় যে, ক্রিয়াকাল এবং প্রতিক্রিয়া বল সব সময়ই দুইটি ভিন্ন বস্তুর উপর ক্রিয়া করে। প্রতিক্রিয়া বলটি ততক্ষণই থাকবে যতক্ষণ পর্যন্ত ক্রিয়াকালটি থাকবে।

উদাহরণ :

মারির উপর হাঁটা

দৈনন্দিন জীবনে আমরা মারির উপর দিয়ে হাঁটা বা দৌড়াই (চিত্র ৩.৮)। আমরা যখন মারির উপর দিয়ে হাঁটা তখন পেছনের পা দ্বারা মারির উপর পেছনের দিকে তির্যকভাবে একটি বল প্রয়োগ করি। এ বল হলো ক্রিয়া বল। তৃতীয় সূত্র অনুযায়ী এই বলের বিপরীতে একটি প্রতিক্রিয়া বল সৃষ্টি হয় এই প্রতিক্রিয়া বলের প্রভাবে আমরা রাস্তার উপর দিয়ে হাঁটতে সক্ষম হই।



চিত্র : ৩.৮

৩.৮ ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র ও সংঘর্ষ :

Conservation law of momentum and collision

একাধিক বস্তু মধ্য শূন্য স্থিতি ও প্রতিক্রিয়া ছাড়া অন্যকোনো বল কাজ না করলে কোনো নির্দিষ্ট দিকে তাদের মোট ভরবেগের কোনো পরিবর্তন হয় না। এটি হচ্ছে, ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র। ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র পদার্থবিজ্ঞানের একটি গুরুত্বপূর্ণ নীতি। এ নীতিকে কাজে লাগিয়ে আমরা অনেক ঘটনা ব্যাখ্যা করতে পারি।

তোমরা যারা মার্বেল খেলেছ তারা সচবত দেখতে পেয়েছ কীভাবে একটি মার্বেল অন্য একটি মার্বেলকে আঘাত করে। এছাড়া সবেদপত্র বা টেলিভিশনের মাধ্যমে তোমরা বিভিন্ন ধরনের সড়ক দুর্ঘটনার খবর জানতে পার। এ ধরনের ঘটনা হলো সংঘর্ষের বাস্তব উদাহরণ।

অর্থাৎ যখন একটি গতিশীল বস্তু অন্য একটি স্থির বা গতিশীল বস্তুকে ধাক্কা দেয়, তখন বস্তু দুইটির মধ্যে সংঘর্ষ হয়েছে বলা হয়। সংঘর্ষের ফলে বস্তু দুইটির প্রত্যেকটির উপর একটি বল প্রিয়া করে। প্রথম বস্তু কর্তৃক দ্বিতীয় বস্তুর উপর প্রযুক্ত বলকে ক্রিয়া বল বলা হয়। দ্বিতীয় বস্তু কর্তৃক প্রথম বস্তুর উপর প্রযুক্ত বলকে প্রতিক্রিয়া বল বলা হয়। সংঘর্ষের সময় ক্রিয়াশীল এই দুইটি বলের মূল সমান কিন্তু বিপরীতমুখী। সংঘর্ষের সময় দুইটি বস্তুর মধ্যে ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল ব্যতীত বাহ্যিক কোনো বল কাজ করে না। নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র থেকে আমরা পাই

$$F = \frac{mv - mu}{t}$$

এ সমীকরণটি থেকে আমরা ভরবেগের পরিবর্তনকে নিম্নরূপে প্রকাশ করতে পারি—

$$F \times t = mv - mu \quad (3.4)$$

অর্থাৎ

বল \times সময় = ভরবেগের পরিবর্তন।

কিন্তু বল ও সময়ের গুণফলকে বল-সময় যন্ত্র বলা হয়।

\therefore বলের যন্ত্র = ভরবেগের পরিবর্তন

ধরা যাক m_1 ও m_2 ভরবিশিষ্ট দুইটি বস্তু A ও B যথাক্রমে u_1 এবং u_2 বেগ নিয়ে একই সরল রেখা দ্বারা চলেছে। A এর বেগ B এর বেগের চেয়ে বেশি হলে কোনো এক সময় A বস্তুটি B বস্তুটিকে ধাক্কা দিবে (চিত্র ৩.৯)।

B বস্তুর উপর A বস্তুর এ প্রযুক্ত বল হলো ক্রিয়া F_1 , B বস্তুটিও A বস্তুটিকে F_2 বল প্রয়োগ করবে এই F_2 বল হলো প্রতিক্রিয়া। নিউটনের গতির তৃতীয় সূত্রানুসারে $F_2 = -F_1$



চিত্র : ৩.৯

সংঘর্ষের সময় ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল একই সময়ব্যাপী কাজ করে। ধরা যাক, ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়ার সময়কাল t । সংঘর্ষের পর বস্তু দুইটি পরিবর্তিত বেগে একই সরলরেখায় চলতে থাকবে। ধরা যাক A ও B এর পরিবর্তিত বেগ যথাক্রমে v_1 ও v_2 । ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়ার ফলে A ও B বস্তু দুইটির ত্বরণ যথাক্রমে a_1 ও a_2 হলে,

$$F_1 = -F_2$$

$$\text{বা, } m_1 a_1 = -m_2 a_2$$

$$\text{বা, } m_1 \frac{v_1 - u_1}{t} = -m_2 \frac{v_2 - u_2}{t}$$

$$\text{বা, } m_1 v_1 - m_1 u_1 = -m_2 v_2 + m_2 u_2$$

$$\text{বা, } m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

অর্থাৎ, A ও B কণ্ট দুইটির সংঘর্ষের পূর্বের ও পরের ভরবেগের সমষ্টি সর্বদা সমান থাকে। এটিই ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র।

গাণিতিক উদাহরণ ৩.৩ : 20 kg ভরের একটি কন্ট্রর উপর 2000 N বল 0.1 s সময়ব্যাপী কাজ করে। কন্ট্রর ভরবেগের পরিবর্তন কত হবে?

আমরা জানি

ভরবেগের পরিবর্তন = বল \times সময়

$$mv - mu = Ft$$

$$= 2000 \text{ N} \times 0.1 \text{ s}$$

$$= 200 \text{ kg ms}^{-2} \text{ s}$$

$$= 200 \text{ kg ms}^{-1}$$

এখানে,

প্রযুক্ত বল, $F = 2000 \text{ N}$

বলের ক্রিয়া কাল, $t = 0.1 \text{ s}$

ভরবেগের পরিবর্তন, $mv - mu = ?$

উত্তর : ভরবেগের পরিবর্তন = 200 kg ms^{-1}

গাণিতিক উদাহরণ ৩.৪ : একটি কন্ট্রর থেকে 500 ms^{-1} বেগে 10 g ভরের একটি গুলি ছোড়া হলো। কন্ট্ররের ভর 2 kg হলে কন্ট্ররের পচাং বেগ নির্ণয় কর।

ধরা যাক গুলির বেগের দিক অর্থাৎ সম্মুখ দিক ধনাত্মক।

ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র থেকে আমরা জানি

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

$$\text{বা } m_1 \times 0 \text{ ms}^{-1} + m_2 \text{ kg} \times 500 \text{ ms}^{-1} = 10^{-2} \text{ kg} \times 500 \text{ ms}^{-1} + 2 \text{ kg} \times v_2$$

$$\text{বা } v_2 = \frac{5 \text{ kg ms}^{-1}}{2 \text{ kg}}$$

$$= -2.5 \text{ ms}^{-1}$$

এখানে,

গুলির ভর, $m_1 = 10 \text{ g}$

$$= 10 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$= 10^{-2} \text{ kg}$$

কন্ট্ররের ভর, $m_2 = 2 \text{ kg}$

গুলির আদিবেগ, $u_1 = 0 \text{ ms}^{-1}$

কন্ট্ররের আদিবেগ, $u_2 = 0 \text{ ms}^{-1}$

গুলির শেষ বেগ, $v_1 = 500 \text{ ms}^{-1}$

কন্ট্ররের পচাং বেগ, $v_2 = ?$

এখানে কন্ট্ররের বেগ ঋণাত্মক, অর্থাৎ কন্ট্ররটি পিছন দিকে গতিশীল হবে।

উত্তর : পচাং বেগ = 2.5 ms^{-1}

৩.৯ নিরাপদ ভ্রমণ: গতি ও বল

Safe journey : force and motion

নিরাপদ ভ্রমণের জন্য গাড়ির গতি নিয়ন্ত্রণ অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। আমরা আমাদের দৈনন্দিন প্রয়োজন মেটানোর জন্য গাড়িতে ভ্রমণ করি। ভ্রমণের সময় আমরা বিভিন্ন যানবাহন ব্যবহার করি। কখনো বাসে, কখনো ট্রেনে, আবার কখনো বা বাত্মপিত যানবাহন ব্যবহার করি। এসব যানবাহনে ভ্রমণের সময় যানবাহনের গতি এবং বল ওভপ্রোক্তভাবে জড়িত। নিরাপদ ভ্রমণের ক্ষেত্রে গাড়ির গতি মূল্য ভূমিকা পালন করে। গাড়ির গতি বা বেগ এমন হওয়া উচিত নয় যা

নিয়ন্ত্রণ করা সম্ভব নয়। দূরবর্তী গন্তব্যে ভ্রমণের জন্য প্রথমেই গন্তব্যস্থলে যাত্রার রাস্তা এবং পরিবেশ সম্পর্কে আগে থেকে জেনে নেওয়া প্রয়োজন।

ভ্রমণ শুরু করার পূর্বেই গাড়ির চালককে তার গাড়ি ভালোভাবে পরীক্ষা করে নিতে হবে। টানাহরণসমূহ— গাড়ির টায়ার ও ব্রেক সঠিক আছে কিনা, গাড়ির ইঞ্জিন, ব্যবহৃত ব্যাটারি, সামনের এবং পেছনের বাতিসমূহ, গাড়ির গরমাইপার এবং দুইপাশের সংকেত দেওয়ার বাতিগুলো সঠিক এবং ভালোভাবে কাজ করছে কিনা তা নিশ্চিত করতে হবে। এছাড়া গাড়িতে ব্যবহৃত সর্পিণগুলো সঠিকভাবে উপযোগ্য করে নিতে হবে।

গাড়ি চালানার সময় প্রথমেই ড্রাইভার এবং আরোহীদের সিট বেল্ট বেঁধে নেওয়া উচিত। সেখা যায় যে, অধিকাংশ দুর্ঘটনা খুব দ্রুত গাড়ি চালানোর জন্য ঘটে থাকে। তাই গাড়ির গতি নিয়ন্ত্রণের মধ্যে রাখতে চালককে সচেতন থাকতে হবে। বেশ বৃষ্টি হলে ভরবেগ বেশি হয়। যেমন— গাড়ির বেশে বিগুণ হলে এর ভরবেগ পূর্বের তুলনায় বিগুণ হয়। বেশ তিনগুণ হলে এর ভরবেগ তিনগুণ হয়। ফলে গাড়ির বেশ কমানো বা নিয়ন্ত্রণ কঠিন হয়ে পড়ে এবং ভরাবাহ দুর্ঘটনা ঘটে।

গাড়ির চালক এমন যানবাহন চালাবেন, যেটি চালানোর পূর্ব অভিজ্ঞতা তার রয়েছে। হঠাৎ করে নতুন কোনো যানবাহন চালানোর চেষ্টা করা উচিত নয়। সেখা যায় যে, তরুণরা আবেগের বশে নতুন গাড়ি চালানোর চেষ্টা করে। এটি মোটেও উচিত নয়। গাড়ি চালানোর সময় যখনই বিপন্নীত দিক থেকে কোনো গাড়ি আসতে দেখা যাবে তখনই গাড়ির গতি কমিয়ে ফেলতে হবে। ট্রাফিক সাইন এবং ট্রাফিক আইন মেনে চলা গাড়ি চালকের নাগরিক সার্বিক। গাড়ি চালানার সময় চালককে তার গাড়ি চালানার দিকে সম্পূর্ণরূপে মনোনিবেশ করতে হবে।

সদী়রকাজ : নিরাপদ যানবাহন চালনা কার্যক্রমের উপর একটি পোস্টার অঙ্কন।

৩.১০ ঘর্ষণ ও ঘর্ষণ বল

Friction and force of friction

দৈনন্দিন জীবনে আমরা ঘর্ষণের সঙ্গে নানাভাবে পরিচিত। নিউটনের গতির প্রথম সূত্র থেকে আমরা জানি যে, কোনো বস্তুর উপর বল প্রয়োগ না করলে, হয় বস্তুটি স্থির থাকবে, না হয় বস্তুটি সমবেগে সরলপথে চলতে থাকবে। বাস্তবে এমনটি ঘটে কি? জুমে একটি মার্বেল দাগ এবং একে মেঝেতে গড়িয়ে দাও। মার্বেলটিকে জুমে যখন গড়িয়ে দাও তখন এর উপর জুমে বল প্রয়োগ কর। যার ফলে মার্বেলটি মাটির উপর দিয়ে গতিশীল হয়। নিউটনের প্রথম সূত্রানুযায়ী মার্বেলটি সমবেগে গতিশীল থাকার কথা। কিন্তু বাস্তবে সেখা যায় যে, মার্বেলটি যানিকটা দ্রুতত্ব অভিক্রম করার পর থেমে যায়। মেঝের ঘর্ষণের জন্যই এমনটি ঘটে। মার্বেলটি যখন মেঝের উপর গতিশীল থাকে, তখন মার্বেল ও মেঝের পারস্পরিক ঘর্ষণের ফলে একটি ঘর্ষণ বলের উৎপত্তি হয়। এ বল গতির বিপরীত দিকে ক্রিয়া করে এবং গতিকে বাধা প্রদান করে। যদি মেঝের ঘর্ষণ না থাকত তাহলে মার্বেলটি একই কোণে নিয়ে অবিরাম গতিতে চলতে থাকত।

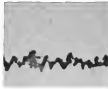
একটি বস্তু যখন অন্য একটি বস্তুর সন্নিবেশ থেকে একের উপর দিয়ে অপরটি চলতে চেষ্টা করে বা চলতে থাকে তখন বস্তুদ্বয়ের স্পর্শস্থলে গতির বিরুদ্ধে একটি বাধার উৎপত্তি হয়, এ বাধাকে ঘর্ষণ বলে। আর এই বাধাদানকারী বলকে ঘর্ষণ বল বলা হয়।

ঘর্ষণ বল সর্বদা গতির বিপরীত দিকে ক্রিয়া করে। ঘর্ষণ সবসময় গতিকে বাধা দেয়।

ঘর্ষণের উৎপত্তি

যখন একটি বস্তুর তল অপর বস্তুর তলের উপর দিয়ে গতিশীল হয়, তখন প্রত্যেক বস্তু অপর বস্তুর উপর ঘর্ষণ বল প্রয়োগ করে। এখন প্রশ্ন আসে ঘর্ষণ কেন হয়? ঘর্ষণ হলো যেকোনো দুইটি তলের অনিয়মিত প্রকৃতির ফল। প্রত্যেক বস্তুরই তল আছে। আবার তল মসৃণ অথবা অমসৃণ দুই হতে পারে। আগত সৃষ্টিতে কোনো বস্তুর তলকে মসৃণ বলে মনে হলেও অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে দেখলে এর উপর অনেক উঁচু নিচু বাঁজ লক্ষ করা যায় (চিত্র ৩.১০)। যখন একটি বস্তু অন্য একটি বস্তুর উপর দিয়ে গতিশীল হয়, তখন উভয় বস্তুর স্পর্শতলের এ বাঁজগুলো একটির ভিতর আরেকটি ঘুকে যায় অর্থাৎ বাঁজগুলো পরস্পর আটকে যায়। যার ফলে একটি তলের উপর দিয়ে অপর তলের গতি বাধাগ্রস্ত হয়।

কোনো তলের উঁচু নিচু বাঁজ যত বেশি এবং দৃষ্টীয় হবে অর্থাৎ তল যত বেশি অমসৃণ হবে, এক তলের উপর দিয়ে অন্য তলের গতি তত বেশি বাধাগ্রস্ত হবে। ফলে ঘর্ষণ বলের মানও বেড়ে যাবে। স্পর্শতলের এই বাধাকে অতিক্রম করতে পারলে তবেই বস্তুটি গতিশীল থাকে। ঘর্ষণের ফলে বস্তুর গতি হ্রাস পায় এবং অবশেষে থেমে যায়।



চিত্র : ৩.১০

ঘর্ষণের প্রকারভেদ :

ঘর্ষণ সাধারণত চার প্রকারের হয়—

- ১। স্থিতি ঘর্ষণ (Static friction)
- ২। গিছলানো ঘর্ষণ (Sliding friction)
- ৩। আবর্ত ঘর্ষণ (Rolling friction)
- ৪। প্রবাহী ঘর্ষণ (Fluid friction)

স্থিতি ঘর্ষণ

দুইটি তলের একটি অপরটির সাপেক্ষে গতিশীল না হলে এদের মধ্যে যে ঘর্ষণ সৃষ্টি হয় তা হলো স্থিতি ঘর্ষণ।

অর্থাৎ যখন একটি বস্তুর উপর বল প্রয়োগ করা হয়, কিন্তু এ বল বস্তুর গতি সৃষ্টি করতে পারে না তখন স্থিতি ঘর্ষণ কাজ করে। আবার মেঝের উপর অবস্থিত একটি ভারী বস্তুকে টানার পরও গতিশীল না হলে যে ঘর্ষণ বল উৎপন্ন হয় তা হলো স্থিতি ঘর্ষণ বল। অর্থাৎ প্রযুক্ত বলের বিপরীতে স্থিতি ঘর্ষণ বল উৎপন্ন হয় এবং গতি সৃষ্টি না হওয়া পর্যন্ত এ বল কাজ করে।

দুইটি স্থির বস্তু পরস্পরের সঙ্গের্ণে থাকা অবস্থায় একটিকে অপরটির উপর দিয়ে গতিশীল করার চেষ্টা করা হলে এদের মধ্যে আপেক্ষিক গতি সৃষ্টি না হওয়া পর্যন্ত যে ঘর্ষণ বল ক্রিয়া করে তাকে স্থিতি ঘর্ষণ বলে।

পিছলানো ঘর্ষণ

বন্ধন একটি কস্তু অন্য একটি কস্তুর ত্বা তলের উপর দিয়ে পিছলিয়ে (Slide) বা ঘেঁষে চলতে চেষ্টা করে বা চলে তখন যে ঘর্ষণের সৃষ্টি হয় তাকে পিছলানো ঘর্ষণ বলে।

পিছলি রাস্তার চলার সময় অনেক সময় আমরা পড়ে যাই এবং পিছলিয়ে অনেকটা দূরত্ব অতিক্রম করি। হ্রতবেগে গতিশীল কোনো গাড়িতে হার্ড ব্রেক কবলে গাড়িটা না থেমে পিছলিয়ে ধানিকটা দূরত্ব অতিক্রম হয়। এগুলো পিছলানো ঘর্ষণের উদাহরণ।

আবর্ত ঘর্ষণ

বন্ধন একটি কস্তু অপর একটি তলের উপর দিয়ে গড়িয়ে চলে তখন গতির বিরুদ্ধে যে ঘর্ষণ ক্রিয়া করে তাকে আবর্ত ঘর্ষণ বল বলে।

সাইকেলের চাকার গতি, মার্কের গতি হলো আবর্ত ঘর্ষণের উদাহরণ। ভ্রমণের সময় মালামাল পরিবহনের জন্য আমরা চাকা লাগানো লাগেজ ব্যবহার করি। যদি লাগেজে চাকা লাগানো না থাকত তখন এটিকে একস্থান থেকে অন্যস্থানে পিছলিয়ে টেনে নিতে বেশ কষ্ট হতো। কিন্তু চাকা লাগানোর ফলে লাগেজ টেনে নেওয়া বেশ সহজতর হয়। আবর্ত ঘর্ষণ বল পিছলানো ঘর্ষণের তুলনায় কম।

প্রবাহী ঘর্ষণ

বন্ধন কোনো কস্তু বেকোনো প্রবাহী পদার্থ যেমন— তরল বা বয়বীর পদার্থের মধ্যে গতিশীল থাকে তখন যে ঘর্ষণ ক্রিয়া করে তাকে প্রবাহী ঘর্ষণ বলে।

বন্ধন পুকুরে সাঁতার কাটা হয় তখন পুকুরের পানির মধ্যে দিয়ে একটি বাধাকে অতিক্রম করতে হয়। আর এ বাধাই হলো প্রবাহী ঘর্ষণ। প্যারাসুট বায়ুর বাধাকে কাজে লাগিয়ে কাজ করে। এখানে বায়ুর বাধা হলো এক ধরনের ঘর্ষণ বল যা পৃথিবীর অভিকর্ষ বলের বিপরীতে ক্রিয়া করে। খেলা অবস্থায় প্যারাসুটের বাহিরের তলের ক্ষেত্রফল অনেক বেশি হওয়ায় বায়ুর বাধার পরিমাণও বেশি হয়, যার ফলে আরোহীর পতনের গতি অনেক ক্রান্ত পায়। ফলে আরোহী ধীরে ধীরে মাটিতে নিরাপদে নেমে আসে।

৩.১১ গতির উপর ঘর্ষণের প্রভাব

Effect of friction on motion

বেকোনো কস্তুর গতির উপর ঘর্ষণের ব্যাপক প্রভাব রয়েছে। ঘর্ষণ হলো এক ধরনের বাধাদানকারী বল, যা কস্তুর গতিকে মন্দার করে। ঘর্ষণ আমাদের সৈনসিন জীবনে অনেক সময় সাহায্য করে। চলার সময় বা যানবাহন চালানার জন্য ঘর্ষণ গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। এ অনুচ্ছেদে টায়ারের গুঁঠ, রাস্তার মসৃণতা এবং গতি নিয়ন্ত্রণে ঘর্ষণের ভূমিকা নিয়ে আলোচনা করা হবে।

টায়ারের গুঁঠ

গাড়ির টায়ার এবং রাস্তার মধ্যবর্তী ঘর্ষণ আছে বলেই গাড়ি চালনা সম্ভব হয়েছে। টায়ার এবং রাস্তার মধ্যবর্তী এ ঘর্ষণ বলের মান নির্ভর করে টায়ারের গুঁঠ এবং রাস্তার তলের বাহ্যিক অবস্থার উপর। এটি গাড়ির ওজনের উপরও নির্ভর করে। গাড়ির টায়ারে রাবারের উপর বিভিন্ন নকশায় সঁত বা খাঁজ



চিত্র : ৩.১১

কটা থাকে ডিগ্রি ৩.১১। এ বীজপুশে থাকার ফলে টায়ারের পৃষ্ঠ উঁচু নিচু হয়। টায়ার যখন নতুন থাকে তখন এই উঁচু নিচু বীজপুশে সূশকী থাকে বিধায় রাস্তা ও টায়ারের মধ্যবর্তী ঘর্ষণ বল সর্বোচ্চ হয়। অন্যদিকে টায়ার যখন পুরনো হয়ে যায় তখন এর বীজপুশে মিলিয়ে যায় এবং টায়ারের পৃষ্ঠ সমতল হয়ে পড়ে। এর ফলে রাস্তা ও টায়ারের ঘর্ষণ বল অনেকটা কমে যায়। এর ফলে কী অসুবিধা হতে পারে বল।

রাস্তার মসৃণতা

কম্বার গতির উপর রাস্তার মসৃণতার প্রভাব অনেক বেশি। রাস্তা মসৃণ হলে রাস্তার যানবাহন চলাচল সহজতর হয় এবং ভ্রমণ অপ্রাথমিক হয়। রাস্তা যত বেশি মসৃণ হবে বাহাদানকারী ঘর্ষণ বলের মানও তত কম হবে। গাড়ির টায়ার এবং রাস্তার মধ্যবর্তী ঘর্ষণ বলের মান টায়ারের এবং একই সাথে রাস্তার মসৃণতার উপর নির্ভর করে। ঘর্ষণ বলের পরিমাণ অনেক কমে গেলে নানা ধরনের সমস্যারও সৃষ্টি হয়। তাই রাস্তাকে খুব বেশি মসৃণ করাও ঠিক নয়। রাস্তা বেশি মসৃণ হলে ব্রেক প্রয়োগ করা সম্ভবও গাড়িকে সুনির্দিষ্ট স্থানে থামানো সম্ভব হয়ে উঠে না। গাড়ির গতির জন্য ঘর্ষণ খুব গুরুত্বপূর্ণ। রাস্তা বেশি মসৃণ হলে প্রয়োজনীয় প্রতিক্রিয়া বল সৃষ্টি হয় না। রাস্তা বেশি মসৃণ হলে ঘর্ষণ বলের মান অত্যধিক কমে যায়, ফলে গাড়ি সামনের দিকে অগ্রসর হয় না। তাই রাস্তার মসৃণতা এমন হবে যাতে করে রাস্তা প্রয়োজনীয় ঘর্ষণ বলের যোগান দেয়।

গতি নিয়ন্ত্রণ এবং ব্রেকিং বল

যানবাহন চলাচলের সময় প্রয়োজন অনুযায়ী যানবাহনের গতিকে বৃদ্ধি বা হ্রাস করতে হয়। অর্থাৎ যানবাহনের গতিতে নিয়ন্ত্রণের প্রয়োজন পড়ে।

ব্রেক হচ্ছে এমন এক ব্যবস্থা যা ঘর্ষণের পরিমাণ বৃদ্ধি করে গাড়ির গতি তথা চাকার ঘূর্ণনকে প্রয়োজন অনুযায়ী নিয়ন্ত্রণ করে। এর মাধ্যমে যানবাহনকে নির্দিষ্ট স্থানে থামানো সম্ভব হয়। যখন গাড়ির চালক ব্রেক প্রয়োগ করেন, তখন এসবিস্টেমের তৈরি সু বা প্যাড চাকার অবস্থিত ধাতব চাকটিকে ধাক্কা দেয়। প্যাড ও চাকটির মধ্যবর্তী ঘর্ষণ চাকার গতিতে কমিয়ে দেয়। ফলে গাড়ির বেগ হ্রাস পায়।

৩.১২ ঘর্ষণের হ্রাস বৃদ্ধি

Increase and decrease of friction

ঘর্ষণ আমাদের দৈনন্দিন জীবনের সাথে গভীরভাবে জড়িয়ে আছে। প্রয়োজনে ঘর্ষণকে বৃদ্ধি করা যায়, আবার প্রয়োজনে ঘর্ষণকে হ্রাসও করা যায়। এ অনুচ্ছেদে ঘর্ষণকে কীভাবে হ্রাস ও বৃদ্ধি করা যায় তা নিয়ে আলোচনা করা হলো।

ঘর্ষণের হ্রাস :

তলকে মসৃণ করা

ঘর্ষণের ফলে একটি বস্তুকে এক স্থান থেকে অন্য স্থানে সরাতে বেশ কামেলা পোহাতে হয়। ধর ভূমি একটি ভারী বস্তুকে মেঝের উপর দিয়ে সরাতে চাও। যদি সর্পতলের ঘর্ষণের পরিমাণ খুব বেশি হয় তবে বস্তুটিকে সরাতে অনেক বেশি পরিশ্রম করতে হবে। তলকে মসৃণ করার মাধ্যমে এ ঘর্ষণকে কমানো যেতে পারে।

চাকার ব্যবহার

বাস, ট্রাকসহ বিভিন্ন যন্ত্রপাতিতে চাকার লগানো থাকে। চাকা হলো একটি সুকৌশল আবিষ্কার। চাকার সূত্রাকর ব্যাকরণ ঘর্ষণ বলকে দুইদুই পর্দায় ভাগ করে নিয়ে আসে। চাকার না থাকলে এ সকল যন্ত্রপাতিতে চালানো সম্ভব হতো কি? সুটকেসে চাকার লগানোর ফলে ঘর্ষণের মান কমে যায় এবং এটি চালানো সহজতর হয়। চাকার লগানোর ফলে ঘর্ষণের মান পিছানোর ঘর্ষণের তুলনায় অনেক কমে যায়।

পিঙ্কিলকারী পদার্থের ব্যবহার

তেল, মকিল এবং গ্রিচ জাতীয় পদার্থকে সঠিকভাবে লুব্রিকেট বা পিঙ্কিলকারী পদার্থ বলে। দুইটি তলের মধ্যবর্তী স্থানে যখন এ ধরনের লুব্রিকেট ব্যবহার করা হয় তখন ঘর্ষণের পরিমাণ অনেকাংশে কমে যায়। কোনো ইঞ্জিনের গতিশীল যন্ত্রাংশের মধ্যবর্তী স্থানে তাই লুব্রিকেট ব্যবহার করা হয়। এছাড়া বাড়িতে সেলাই মেশিনে, তালার বা কজাতে আমরা তেল ব্যবহার করি।

কল-বেরারিং-এর ব্যবহার

চাকার আবিষ্কারের অনুরূপ আরেকটি গুরুত্বপূর্ণ আবিষ্কার হলো কল-বেরারিং আবিষ্কার। কল-বেরারিং ব্যবহারের মাধ্যমে বিভিন্ন তলের মধ্যবর্তী ঘর্ষণকে আরো কমানো সম্ভবপর হয়েছে। কল-বেরারিং হলো ক্ষুদ্র, মসৃণ ধাতব কল। এগুলো সাধারণত ইস্পাতের তৈরি। কল-বেরারিং কোনো যন্ত্রের গতিশীল অংশগুলোর মধ্যবর্তী স্থানে কানো থাকে। কল-বেরারিংগুলোর ঘূর্ণনের ফলে যন্ত্রের গতিশীল অংশগুলো পরস্পরের সঙ্গে সরাসরি ঘর্ষণ সৃষ্টি করতে পারে না। অর্থাৎ তলগুলো একটি অপরটির উপর দিয়ে পিছানোর পরিবর্তে গড়িয়ে যায় এবং ঘর্ষণ কমে যায়। গড়ির চাকার, সাইকেলে এক বৈদ্যুতিক পাখার কল-বেরারিং দেখতে পাওয়া যায় [চিত্র ৩.১২]।



চিত্র : ৩.১২

ঘর্ষণের সৃষ্টি :

গাড়ি চালানো

রাস্তার ঘর্ষণ না থাকলে গাড়ির টায়ার একস্থানে শুধু ঘুরায়ত খেত। সৃষ্টির সিনে পিঙ্কিল অথবা কার্যমাত্র রাস্তার তেলের স্তরে সোঁকোঁকোঁ কেমন করে ট্রাক বা বাস একস্থানে অটকে থাকে। এর কারণ ঐ? এর কারণ হলো ঘর্ষণের পরিমাণ অনেক কমে যাওয়া। তাই প্রয়োজন অনুযায়ী ঘর্ষণকে বাড়ানো হয়। গাড়ির টায়ারকে এমনভাবে তৈরি করা হয় যেন এটি চলার সময় রাস্তাকে ভালোভাবে আঁকড়ে ধরে রাখে এবং প্রয়োজনীয় ঘর্ষণ কল সৃষ্টি করে। এমনটা টায়ারের উপরের পৃষ্ঠে বিভিন্ন ধরনের গর্ত বা ঝাঁক করে থাকে। সৃষ্টির সিনে সৃষ্টির পানি বা কাঁচা টায়ারের বাঁকের মধ্যে ঢুকে পড়ে এবং টায়ার পানি বা কাঁচাকে সরিয়ে দেয় করে দেয়। ফলে টায়ার রাস্তার তলকে ভালোভাবে আঁকড়ে ধরে। অর্থাৎ তলকে অসমসু কঠোর মাধ্যমে ঘর্ষণকে বাড়ানো যেতে পারে।

জুতার নিচ বঁধে কাটা

ইটার জন্য ঘর্ষণ খুবই প্রয়োজন। যেমনরা দেখতে পাবে জুতার তলদেশ ডেউ বেশাদো বা বাঁজকাটা থাকে। জুতা গায়ে হাটার সময় জুতার বাঁজগুলো রাস্তাকে আকড়ে ধরে রাখে এবং প্রয়োজনীয় ঘর্ষণ বলের যোগান দেয়। জুতা ও রাস্তার মধ্যবর্তী ঘর্ষণ বৃদ্ধি করার জন্যই জুতার তলদেশে এরূপ হয়ে থাকে। জুতা পুরানো হয়ে গেলে বাঁজগুলো অনেকাংশে মিলিয়ে যায়। যার দরুন পিছল বা ভেজা রাস্তায় জুতা গায়ে হাটা কষ্টকর হয়ে উঠে। লক্ষ করলে দেখবে আমাদের গায়ের তলাও সমতল নয়।

পাহাড়ের আরোহণ

যে সকল ব্যক্তি পাহাড়ের আরোহণ করেন তাদেরকে শিলাখন্ড বা পাহাড়ের তলকে ভালোভাবে পা এবং হাত দ্বারা আঁকড়ে ধরে রাখতে হয়। ধরে রাখার জন্য তারা চক পটিভার ব্যবহার করেন।

খেণ্ডোয়ারদের বুকের নিচে সাইক থাকে যাতে দৌড়ানোর সময় পড়ে না যায়।

৩.১৩ ঘর্ষণ : একটি প্রয়োজনীয় উপদ্রব

Friction: a necessary evil

ঘর্ষণের অনেক অনুবিধা থাকা সত্ত্বেও ঘর্ষণকে একটি প্রয়োজনীয় উপদ্রব হিসেবে গণ্য করা হয়। এর কারণ কী? ঘর্ষণ ছাড়া আমরা কেনো কিছুই করতে পারিনা। যদি ঘর্ষণ না থাকত তা হলে কতকগুলো গতিই অসম্ভব হতো না, বিরামহীনভাবে চলতে থাকত। ঘর্ষণ আছে বলই সেমানে একটি শেরেক শিরতরে আঁকে থাকে। ঘর্ষণের কারণেই পাকা দালান ও বাড়িঘর নির্মাণ করা সম্ভব হয়েছে। ঘর্ষণের ফলে কাগজে পেনসিল বা কলম দিয়ে লিখতে পারছি। আমাদের জুতা এবং মাটির মধ্যে সৃষ্ট ঘর্ষণের কারণে আমরা ইঁটাচলা করতে পারি। ঘর্ষণের জন্য আমরা প্রয়োজন অনুযায়ী গাড়ির গতির দিক পরিবর্তন করতে পারি। বাতাসের ঘর্ষণ আছে বলই গ্যারাসুট ব্যবহার করে বিমান থেকে নিরাপদে মাটিতে নামা সম্ভব হয়েছে। এতসব উপকারী দিক থাকা সত্ত্বেও ঘর্ষণের জন্য আমাদের কম কামেলা শোহাতে হয় না। অতিরিক্ত ঘর্ষণের কারণে যানবাহন সহজে চলতে পারে না। যন্ত্রাঙ্গতির গতিশীল অংশগুলোর মধ্যে ঘর্ষণের ফলে এরা ক্ষয়গ্রস্ত হয় এবং হিঁড়ে যায়। যেকোনো ধরনের যানবাহন তা গাড়ি, নৌকা বা উড়োজাহাজ হোক না কেন, অতিরিক্ত ঘর্ষণকে অতিক্রম করতে অতিরিক্ত জ্বালানি খরচ করতে হয়। যার দরুন ঘর্ষণের ফলে জ্বালানি শক্তির অপচয় হয়।

ঘর্ষণের ফলে শক্তির যে অপচয় হয় তা প্রধানত তাপশক্তিরূপে আবির্ভূত হয়। ঘর্ষণের ফলে শুধু যে শক্তি তাপে পরিণত হয় তাই নয়, এর ফলে ইঞ্জিনের যন্ত্রাংশ অত্যধিক উত্তপ্ত হয়ে উঠে। যার দরুন ইঞ্জিন নষ্ট হয়ে যেতে পারে। ঘর্ষণের ফলে জুতার সোল ক্ষয়গ্রস্ত হয় এবং হিঁড়ে যায়। তাই আমাদের কাজকর্ম ও জীবন যাপন সহজ করার জন্য ঘর্ষণ যেমন প্রয়োজন, তেমনি অতিরিক্ত ঘর্ষণ অনেক ক্ষয়ক্ষতিরও কারণ। তাই প্রয়োজনীয় ঘর্ষণ সৃষ্টির জন্য ঘর্ষণকে নিয়ন্ত্রণ করতে হয়। কখনো আমরা ঘর্ষণকে বিভিন্ন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে কমাতে চাই, আবার কখনো একে বাড়তে চাই। অর্থাৎ ঘর্ষণকে যেমন পুরোপুরি বাদ দেওয়া যায় না, তেমনিভাবে অনেক ক্ষেত্রে ঘর্ষণ আমাদের উপকারে আসে। এজন্য ঘর্ষণকে বলা হয় একটি প্রয়োজনীয় উপদ্রব।

প্রতিবেদন রচনা

আমাদের জীবনের বর্ধমান ইতিবাচক প্রভাবে সম্পর্কে একটি প্রতিবেদন প্রস্তুত করে শিক্ষকের কাছে উপস্থাপন কর।
শিক্ষক সবচেয়ে ভালো প্রতিবেদন নির্বাচন করে শ্রেণি কক্ষে উপস্থাপন করতে বলবেন।

অনুসন্ধান ৩.১ : কোনো বস্তুর উপর প্রযুক্ত বল পরিমাপ

উদ্দেশ্য : সহজ পরীক্ষণের সাহায্যে বল পরিমাপ করা।

সূত্র : আমরা জানি, কোনো বস্তুর উপর F বল প্রিয়া করলে এবং বল প্রয়োগের কালে স্ট্রি ডিফরেন্স a হলে, $F = ma$ এখানে m বস্তুর ভর। অভিকর্ষ বলের ক্ষেত্রে বস্তুর ডিফরেন্স a কে g দ্বারা প্রকাশ করা যায়। অর্থাৎ অভিকর্ষ বল বা বস্তুর ওজন, $W = mg$ । এখানে বলের উপস্থাপন হিসেবে আমরা বস্তুর ওজন পরিমাপ করব।

যন্ত্রপাতি : শিংশু নিক্তি, বস্তু।

কাজের ধারা :

১. মিউটন এককে দাপাঙ্কিত একটি শিংশু নিক্তি পেয়ালে স্থাপিয়ে দাও।
২. এবার শিংশু-এর নিচের ত্বকে বস্তুটি স্থাপিয়ে দাও।
৩. শিংশু নিক্তির স্কেল থেকে বস্তুর ওজন তথা অভিকর্ষ বলের পাঠ রেকর্ড কর এবং ছকে বসাত।
৪. একইভাবে ৩ নং প্রক্রিয়া অনুসরণ করে কয়েকবার বস্তুর ওজন নির্ণয় কর এবং ছকে স্থাপন কর।
৫. এবার বস্তুর উপর প্রযুক্ত গড় বল বা ওজন নির্ণয় কর।

ক্রমিক সংখ্যা	বস্তুর ওজন (মিউটন)	গড় ওজন মিউটন
১.		
২.		
৩.		
৪.		
৫.		

এখন এই বস্তুর পরিবর্তে বিভিন্ন বস্তু নিয়ে কয়েকবার পরীক্ষণ সমাপ্ত কর এবং তাদের ওজন নির্ণয় কর।

অনুলীলনী**ক. বস্তুনির্বাচনী প্রশ্ন**

সঠিক উত্তরের পাশে চিহ্ন (✓) চিহ্ন দাও

- ১। বস্তু যে অবস্থায় আছে চিরকাল সে অবস্থায় থাকতে চাওয়ার যে প্রকৃতি বা ধর্ম তাকে কী বলে?
(ক) বল (খ) ত্বরণ
(গ) জড়তা (ঘ) বেগ
- ২। বলের মাত্রা কোনটি?
(ক) MLT^{-2} (খ) MLT^{-1}
(গ) $ML^{-2}T^{-2}$ (ঘ) $M^{-1}LT^{-2}$

৩। ভরবেগের একক কোনটি?

- (ক) kg m (খ) kg ms^{-1}
(গ) $\text{kg m}^2\text{s}^{-1}$ (ঘ) kg ms^{-2}

৪। 5 kg ভরের একটি বস্তুর ওপর 50 N বল প্রয়োগ করা হলে, এর ত্বরণ হবে—

- (ক) 12 ms^{-2} (খ) 8 ms^{-2}
(গ) 13 ms^{-2} (ঘ) 10 ms^{-2}

৫। 10 kg ভরের কোনো বস্তু 10 ms^{-1} বেগে গতিশীল হলে এর ভরবেগ হবে—

- (ক) 10 kg ms^{-1} (খ) 120 kg ms^{-1}
(গ) 100 kg ms^{-1} (ঘ) 1 kg ms^{-1}

খ. সূচনশীল প্রশ্ন

১। কাকতক 4 kg ভরের একটি বল একটি মেঝের উপর দিয়ে সমবেগে টেনে নিল। বল ও মেঝের মধ্যকার ঘর্ষণ বলের মান হল 1.5 N । বলটিকে টেনে নেওয়ায় এর ত্বরণ হল 0.8 ms^{-2} । এরপর বলটিকে ঘর্ষণবিহীন মেঝেতে একই বল প্রয়োগ করে টানা হলো।

ক) সাম্য বল কাকে বলে?

খ) ঘর্ষণ বল কেন উৎপন্ন হয়?

গ) প্রথম ক্ষেত্রে বলটির উপর প্রযুক্ত বলের মান নির্ণয় কর।

ঘ) ঘর্ষণমুক্ত ও ঘর্ষণবিহীন মেঝেতে ত্বরণের কীভাবে পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর।

গ. সাধারণ প্রশ্ন

১। জড়তা কাকে বলে? জড়তা কত প্রকার?

২। বল কাকে বলে?

৩। কোনো স্থির বস্তুর জড়তা কী দ্বারা পরিমাপ করা হয়?

৪। সাম্য বল ও অসাম্য বল বলতে কী বুঝ?

৫। কোনো বস্তুর ভরবেগ কাকে বলে?

৬। দেখাও যে, $\text{বল} = \text{ভর} \times \text{ত্বরণ}$ ।

৭। ভরবেগের সংরক্ষণ নীতি বলতে কী বুঝ?

৮। ঘর্ষণ কাকে বলে? বিভিন্ন প্রকার ঘর্ষণের নাম লিখ।

৯। ঘর্ষণ একটি প্রয়োজনীয় উপদ্রব্য— এর স্বপক্ষে যুক্তি দাও।

চতুর্থ অধ্যায়
কাজ, ক্ষমতা ও শক্তি
WORK, POWER AND ENERGY



আমাদের প্রাথমিক জীবনে কোনো কিছু করতে কাজ বা হলেও পদার্থবিজ্ঞানে কাজ ঘরা একটি সুনির্দিষ্ট ধারণাকে বুঝায়। এই অধ্যায়ের শুরুতে আমরা সেই ধারণাকে উপস্থাপিত করব। বিজ্ঞানের সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ বিষয় হচ্ছে শক্তি। আমরা আমাদের অভিজ্ঞতা থেকে দেখি শক্তি ছাড়া অণু অস্ত। বিভিন্নরূপে আমরা শক্তি পাই। গতিশীল বস্তুর জন্য গতিশক্তি, ঘূর্ণশক্তির বার্ষিক উপরে বস্তুর অবস্থানের জন্য বিভব শক্তি, একটি সংকুচিত বা প্রসারিত স্প্রিং এর শক্তি, গরম বস্তুর তাপ শক্তি, অধিকতর বস্তুর তড়িৎ শক্তি ইত্যাদি। শক্তি রূপান্তর একত্ব থেকে অবস্থানে স্থানান্তরিত হচ্ছে, যদিও মহাবিশ্বের মোট শক্তির পরিমাণ অপরিবর্তনীয় এবং সুনির্দিষ্ট। এই অধ্যায়ে আমরা শক্তির স্থানান্তরের ঘটনা এবং বিজ্ঞানের গুরুত্বপূর্ণ নীতিগুলোর একটি শক্তির সংরক্ষণশীলতার নীতি নিয়ে আলোচনা করব।]

এই অধ্যায় পাঠ শেষে আমরা—

১. কাজ ও শক্তির সম্পর্ক ব্যাখ্যা করতে পারব।
২. কাজ, বল ও সরণের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করতে পারব।
৩. গতি শক্তি ও বিভব শক্তি ব্যাখ্যা করতে পারব এবং হিসাব করতে পারব।
৪. উৎসে শক্তির স্থানান্তর ব্যাখ্যা করতে পারব।
৫. অর্থনৈতিক, সামাজিক ও পরিবেশগত প্রভাব বিবেচনায় শক্তির প্রধান উৎসসমূহের অবদান বিশ্লেষণ করতে পারব।
৬. শক্তির স্থানান্তর এবং শক্তির নিত্যতার মধ্যে সম্পর্ক ব্যাখ্যা করতে পারব।
৭. শক্তির স্থানান্তর ও এর ব্যবহার পরিবেশের ভারসাম্য ব্যাহত করে ব্যাখ্যা করতে পারব।
৮. উন্নয়ন কর্মক্রমে শক্তির কার্যকর ব্যবহার ব্যাখ্যা করতে পারব।
৯. শক্তির কার্যকর ও নিরাপদ ব্যবহারে সচেতন হবো।
১০. ভর-শক্তির সম্পর্ক ব্যাখ্যা করতে পারব।
১১. ক্ষমতা ব্যাখ্যা করতে পারব।
১২. কর্মদক্ষতা পরিমাপ করতে পারব।

৪.১ কাজ

Work

সৈনসিন জীবনে কোনো কিছু করাকে কাজ কালের বিভাগে কিন্তু কোনো কিছু করা হলেই কাজ হয় না। বিভাগে কাজ একটি বিশেষ অর্থ বহন করে। একজন দারোগান সারাক্ষণ বসে বসে একটি বাসা পাহারা দিলেন। তিনি বলবেন তিনি তার কাজ করেছেন। কোনো প্রোভের নদী বা খাসে একটি নৌকা ভেসে যাচ্ছিল, করিম সাহেব সেটাকে টেনে ধরে রাখলেন। তিনি বলবেন তিনি কাজ করে নৌকাটিকে ঠেকিয়ে রেখেছেন নতুন সেটি প্রোভের টানে কোথায় ভেসে যেত। সৈনসিন জীবনে এগুলোকে কাজের স্বীকৃতি দিলেও বিভাগের দৃষ্টিতে কিন্তু এগুলো কাজ হয়নি। ক্যাং দারোগান বসে বসে পাহারা না দিয়ে যদি হেঁটে হেঁটে পাহারা দিতেন কিংবা নৌকাটি যদি প্রোভের টানে ভেসে যেত তাহলে কিছু কাজ হতো। বিভাগে কাজের অর্থ সৈনসিন জীবনে কাজের অর্থের চেয়ে ভিন্নতর। আসলে বিভাগে কাজ হতে গেলে কাল ও তার সাথে সরণ সঞ্চিত থাকতে হয়। কোনো বস্তুর উপর কোনো বল প্রিয়া করে যদি কতগুলি কিছু সরণ ঘটায় তাহলে কেবল কাজ হয়। আমরা আমাদের সৈনসিন জীবনে আমাদের চারপাশে কাজের অনেক উদাহরণ দেখতে পাই। গরু মাঠে লাঠল টানছে, একজন হামিক ঠেলা গাড়ি ঠেলছেন, স্ত্রীতা প্রতিযোগিতায় কেউ লৌহ গোলক নিক্ষেপ করছে ইত্যাদি।

নিচের উদাহরণগুলো বিবেচনা করা যাক :

(ক) রতন এক প্যাকেট বই হাত দিয়ে ধরে নীড়িয়ে আছে।

(খ) মিতা পদার্থবিজ্ঞান বইখানাকে টেলে টেবিলের উপর দিয়ে এক প্রান্ত থেকে অন্য প্রান্তে নিয়ে যাচ্ছে।

(গ) নীল একটি ভারী ব্যাগকে সিঁড়ি দিয়ে উপরে উঠাচ্ছে।

(ঘ) মোটো রিমি জোরে সেয়ালকে ঠেলছে।

যেহেতু একটি বল যাত্রা কোনো বস্তু পৃষ্ঠাশীল হলেই কেবল কাজ হয়, সুতরাং উল্লিখিত উদাহরণগুলোতে (ক) এবং (গ) এর ক্ষেত্রে কাজ হয়েছে; কিন্তু (খ) এবং (ঘ) এর ক্ষেত্রে কোনো কাজ হয়নি। আমরা কোনো বস্তুকে উপরে উঠাতে বা নিচে নামাতে বা এক স্থান থেকে অন্য স্থানে নিতে কাল প্রয়োগ করতে পারি। আমরা বল প্রয়োগ করে কোনো বস্তুর আকার পরিবর্তন করতে পারি। এ সকল ক্ষেত্রে কাজ হয়।

যদি একজন নির্ধারিত হামিক দশখানা ইট নিয়ে কোনো ভবনের সোতলায় উঠেন, তবে তিনি একখানা ইট নিয়ে ঐ সোতলায় উঠলে যে কাল করতেন তার চেয়ে বেশি কাল করবেন, কেননা তাকে বেশি কাল প্রয়োগ করতে হয়। তাকে আরো বেশি কাল করতে হবে যদি তিনি ঐ দশখানা ইটই তিনতলায় উঠান। সুতরাং কাজের পরিমাণ নির্ভর করে প্রস্তুত বস্তুর উপর এবং দূরত্বের উপর। কোনো বস্তুর উপর প্রস্তুত বল এবং বস্তুর দিকে কতদূর অতিক্রান্ত দূরত্বের গুণফল যাত্রা কাল পরিমাণ করা হয়। সুতরাং,

কাজ = বল \times বস্তুর দিকে অতিক্রান্ত দূরত্ব

কোনো বস্তুর উপর F বল প্রয়োগে যদি কতগুলি বস্তুর দিকে s দূরত্ব অতিক্রম করে (চিত্র : ৪.১) তবে কৃত কাজ W হবে,

$$W = Fs \quad (4.1)$$

কাজের কোনো দিক নেই। কাজ একটি স্কেলার রাশি।

কাজের মাত্রা : কাজের মাত্রা হবে বল \times সরণের মাত্রা

কাজ = বল \times সরণ = ভর \times ত্বরণ \times সরণ



চিত্র : ৪.১

$$= \text{ভর} \times \frac{\text{সরণ}}{\text{সময়}} \times \text{সরণ}$$

$$= \text{ভর} \times \frac{\text{সরণ}^2}{\text{সময়}}$$

$$\therefore [W] = \frac{ML^2}{T^2} = ML^2T^{-2}$$

কাজের একক : বলের একককে দূরত্বের একক দিয়ে গুন করলে কাজের একক পাওয়া যায়। যেহেতু বলের একক নিউটন (N) এবং দূরত্বের একক হলো মিটার (m), সুতরাং কাজের একক হবে নিউটন-মিটার (N m)। একে জুল বলা হয়। জুলকে J দিয়ে প্রকাশ করা হয়। কোনো বস্তুর উপর এক নিউটন বল প্রয়োগের ফলে যদি বস্তুটির বলের দিকে এক মিটার সরণ হয় তবে সম্পন্ন কাজের পরিমাণকে এক জুল বলে।

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N m}$$

যদি বল প্রয়োগের ফলে বস্তু বলের দিকে সরে যায় তাহলে সেই কাজকে বলের দ্বারা কাজ বলে।

একটি ভাস্কার টেবিলের উপর থেকে মেঝেতে ফেলে দিলে ভাস্কারটি অভিকর্ষ বলের প্রভাবে নিচের দিকে পড়বে। এক্ষেত্রে অভিকর্ষ দ্বারা কাজ হয়েছে।

যদি বল প্রয়োগের ফলে বস্তু বলের বিপরীত দিকে সরে যায় তাহলে সেই কাজকে বলের বিরুদ্ধে কাজ বলে।

একটি ভাস্কার যদি মেঝে থেকে টেবিলের উপর উঠানো হয় তাহলে অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে কাজ হবে। কেননা, এ ক্ষেত্রে অভিকর্ষ বল যে দিকে ক্রিয়া করে সরণ তার বিপরীত দিকে হয়।

পাণ্ডিতিক উদাহরণ ৪.১ : ৭০ kg ভরের এক ব্যক্তি ২০০ m উঁচু পাহাড়ের আরোহণ করলে তিনি কত কাজ করবেন?

$$\begin{aligned} \text{আমরা জানি,} \\ W &= F_s \\ &= 686 \text{ N} \times 200 \text{ m} \\ &= 1.372 \times 10^5 \text{ J} \\ \text{উত্তর : } 1.372 \times 10^5 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{এখানে,} \\ \text{ব্যক্তির ভর, } m &= 70 \text{ kg} \\ \text{বল, } F &= \text{ব্যক্তির ওজন} = mg \\ &= 70 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \\ &= 686 \text{ N} \\ \text{সরণ, } s &= 200 \text{ m} \\ \text{কাজ, } W &= ? \end{aligned}$$

৪.২ শক্তি

Energy

শক্তি ছাড়া কোনো কিছু চলতে বা কাজ করতে পারে না। আমাদের বেঁচে থাকার জন্য শক্তির প্রয়োজন হয়। প্রতিদিন আমরা যে কাজ করি তা নির্ভর করে আমাদের কতটুকু শক্তি আছে তার উপর। আমরা যে খাবার বাই তা থেকে এ শক্তি পাই। উদ্ভিদের বৃক্ষিলা জন্য শক্তি লাগে। কোনো যন্ত্রের কাজ করার জন্য শক্তির প্রয়োজন হয়। কোনো কোনো যন্ত্র বিদ্যুৎ ব্যবহার করে আবার কোনোটা জ্বালানি পুড়িয়ে শক্তি পায়। জ্বালানির মধ্যে শক্তি সঞ্চিত থাকে।

শক্তি কাকে আমরা বী বুঝি? শক্তি কাকে কোনো বস্তুর কাজ করার সমর্থকে বোঝা থাকে। যে বস্তু কাজ করতে সমর্থ তার মধ্যেই শক্তি থাকে, যে বস্তু কাজ করতে সমর্থ না তার মধ্যে কোনো শক্তি থাকে না।

আমরা যখন বলি কোনো বস্তুর মধ্যে শক্তি নিহিত আছে, তখন আমরা বুঝি বস্তুটি অন্য কিছুর উপর বল প্রয়োগ করতে পারে এবং তার উপর কাজ সম্পাদন করতে পারে। আবার আমরা যখন কোনো বস্তুর উপর কাজ করে থাকি, তখন আমরা তার উপর কাজের সমপরিমাণ শক্তি হেগ করে থাকি।

কোনো বস্তুর কাজ করার সামর্থ্যই হচ্ছে শক্তি। কাজ করা মানে শক্তিকে এক অবস্থা থেকে অন্য অবস্থায় রূপান্তরিত করা। এর অর্থ হচ্ছে কতটুকি সর্বমোট যে পরিমাণ কাজ করতে পারে তাই হচ্ছে শক্তি। যেহেতু কোনো বস্তুই শক্তির পরিমাপ করা হয় তার দ্বারা সম্পন্ন কাজের পরিমাণ থেকে, সুতরাং শক্তি ও কাজের পরিমাপ অভিন্ন।

অতএব, কৃত কাজ = ব্যয়িত শক্তি

শক্তির কোনো দিক নেই। কাজেই শক্তি স্কেলার রাশি।

শক্তির একক ও কাজের একক একই এবং তা হলো জুল (J)।

শক্তির বিভিন্ন রূপ : বিভিন্ন প্রকার কাজ করার জন্য আমাদের বিভিন্ন ধরনের শক্তির প্রয়োজন হয়। যেমন পানি গরম করতে হলে তাপ শক্তির প্রয়োজন হয়। একটি বৈদ্যুতিক বস্তু থেকে আমরা আলো শক্তি পাই। আমরা যে সংগীত শুনি তার মধ্যে শব্দ শক্তি মিহিত আছে। কোনো বস্তুকে আমাদের সরাতে বা উপরে উঠাতে গৈশি শক্তির প্রয়োজন হয়। কোনো বৈদ্যুতিক যন্ত্রকে চালাতে হলে বিদ্যুৎ শক্তির প্রয়োজন হয়। তড়িৎ কোষে রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে আমরা রাসায়নিক শক্তি পাই। এক টুকরা কলম বায়ু শক্তির কারণে উড়ে যায়। যখন নিউক্লিয়াসমুহ ছোড়া গলে বা ভাঙে তখন নিউক্লীয় শক্তি নির্গত হয়।

শক্তি আছে বলেই জগৎ গতিশীল। শক্তি না থাকলে জগৎ জড় হয়ে পড়বে। অত্যা শক্তি আছে বলেই আমরা দেখতে পাই, শব্দ শক্তি আছে বলেই আমরা শুনতে পাই। যান্ত্রিক শক্তির বদৌলতে আমরা চলাফেরা করতে পারি। বিদ্যুৎ শক্তির সাহায্যে পাখা ঘুরছে, কলকারখানা চলছে। এ মহাবিশ্বে শক্তি নানারূপে বিরাজ করছে। মোটামুটিভাবে আমরা শক্তির নিম্নোক্ত রূপগুলো পর্যবেক্ষণ করি। যথা— যান্ত্রিক শক্তি, তাপ শক্তি, শব্দ শক্তি, আলোক শক্তি, চৌম্বক শক্তি, বিদ্যুৎ শক্তি, রাসায়নিক শক্তি, নিউক্লীয় শক্তি এবং সৌর শক্তি।

শক্তির সবচেয়ে সাধারণরূপ হচ্ছে যান্ত্রিক শক্তি। কোনো বস্তুই অবস্থান বা গতির কারণে তার মধ্যে যে শক্তি মিহিত থাকে তাকে যান্ত্রিক শক্তি বলে। এই অনুচ্ছেদে আমরা যান্ত্রিক শক্তির দুইটি ভাগ— গতির কারণে যে শক্তি তা গতিশক্তি এবং অবস্থানের কারণে যে শক্তি তা বিভব শক্তি এগুলো নিয়ে আলোচনা করব।

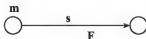
গতিশক্তি : আমরা ক্রিকেট খেলার দেখতে পাই অনেক সময় ক্রিকেট বল স্ট্যান্ডকে আঘাত করে তাকে উড়িয়ে নিয়ে যায়। কোনো ক্রিকেটার জানলায় শক্ত কিছু আঘাত করলে কাচ ভেঙে যায়। গিল টুড়ে আম বা বরই পাড়া যায়। এ উদাহরণগুলো থেকে দেখা যায় যে, গতিশীল বস্তুর মধ্যে শক্তি থাকে। কোনো গতিশীল বস্তু তার গতির জন্য কাজ করার যে সামর্থ্য লাভ করে তাকে গতিশক্তি বলে।

নিম্নে কর : তোমার সামনের টেবিলের বা চেয়ারের উপর একটি কলম রাখ। কলমের সামনে একটি হালকা বস্তু রাখ। কলমটিকে ঐ বস্তুর দিকে হাত দিয়ে টোকা দাও।

বস্তুটি আঘাত থেকে সরে গেল কেন? টোকার ফলে কলমটি গতিশীল হলো। এতে তার মধ্যে কাজ করার সামর্থ্য তথা গতিশক্তি জন্মাল। সে জন্য বস্তুকে সরাতে পারল।

কোনো স্থির বস্তুতে বেগের সঞ্চার করা আর গতিশীল বস্তুর বেগ বৃদ্ধি করার অর্থ হচ্ছে বস্তুটিতে ত্বরণ সৃষ্টি করা। আর এ জন্য বল প্রয়োগ করতে হবে। ফলে বস্তুর উপর কাজ করা হবে। এতে বস্তুটি কাজ করার সামর্থ্য লাভ করবে এবং এ কাজ বস্তুতে গতিশক্তি হিসেবে জন্মা থাকবে। সে কারণে সকল সচল বস্তুই গতিশক্তির অধিকারী। বস্তু স্থিতিতে আসার পূর্বে এ পরিমাণ কাজ সম্পন্ন করতে পারবে।

ধরা যাক, m ভরের একটি স্থির বস্তুর উপর F বল প্রয়োগ করায় কতটুকি y বেগ প্রাপ্ত হলো। ধরা যাক, এ সময় কতটুকি বলের দিকে s দূরত্ব অতিক্রম করে। কতটুকিবে এই বেগ গিতে কৃত কাজই বস্তুর গতিশক্তি।



চিত্র ৪.২

∴ গতিশক্তি = কৃত কাজ

$$= \text{বল} \times \text{সরণ}$$

$$= F \times s$$

$$\text{বা, } E_k = mas [\because F = ma]$$

$$\text{কিন্তু, } v^2 = u^2 + 2as$$

$$\text{বা, } as = \frac{v^2}{2} \quad [\because \text{আদি বেগ } u = 0]$$

$$\therefore E_k = \frac{1}{2}mv^2 \quad (4.2)$$

$$\text{গতিশক্তি} = \frac{1}{2} \times \text{ভর} \times (\text{বেগ})^2$$

গতিশক্তি কতুর ভরের উপর নির্ভর করে। কতুর ভর যত বেশি হয় তার গতিশক্তিও তত বেশি হয়। একই বেগে তোমার দিকে একটি হালকা টেনিস বল আর একটি ভারী ক্রিকেট বল নিষ্ক্ষেপ করা হলে ক্রিকেট বল কর্তৃক আঘাত বেশি হবে।

গতিশক্তি বেগের উপরও নির্ভর করে। কতুর বেগ বেশি হলে তার গতিশক্তিও বেশি হবে। একটি ট্রাক কম বেগে কোনো দেয়ালকে আঘাত করলে যে ক্ষতি হবে তার চেয়ে বেশি ক্ষতি হবে ঐ ট্রাকটি যদি বেশি বেগে ঐ দেয়ালকে আঘাত করে।

গাণিতিক উপাধরণ ৪.২ : ৭০ kg ভরের একজন শৌভুখিনের গতিশক্তি ১৭১৫ J হলে তার বেগ কত?

আমরা জানি

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\text{বা, } v^2 = \frac{2E_k}{m}$$

$$\begin{aligned} \therefore v &= \sqrt{\frac{2E_k}{m}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \times 1715 \text{ J}}{70 \text{ kg}}} \\ &= 7 \text{ m s}^{-1} \end{aligned}$$

$$\text{উত্তর : } 7 \text{ m s}^{-1}$$

এখানে,

ভর, $m = 70 \text{ kg}$

গতি শক্তি, $E_k = 1715 \text{ J}$

বেগ, $v = ?$

বিভব শক্তি : হ্রাসের উপর থেকে এক খণ্ড পানির বা ইউ কোনো কলসুর উপর পড়লে তাকে চাপটা করে বেগেতে পারে বা ভেঙে বেগেতে পারে। পানির বা ইউ বদল হ্রাসের উপর শির ছিল তখন তার মধ্যে শক্তি লুপ্ত হয়। পানিরটি কখন নিচে পড়ে তখন ঐ শক্তি কাজ করে। পানিরটির মধ্যে শক্তি নিহিত ছিল কোনো এটি তুণ্ড থেকে উপরে ছিল।

একটি শিশুকে টান টান করে এর দুই বাধা দুইটি কলসুর সাথে এটিকে ছেড়ে দিলে কী হবে? কলসুর দুইটে এসে পরস্পরের সাথে ধাক্কা খাবে। টান টান শিশু যদিও শির অবস্থায় ছিল তখন তার মধ্যে শক্তি সঞ্চিত ছিল। শিশুটি ছেড়ে দিলে এটি কাজ করতে পারে। টান টান শিশুকে শক্তি নিহিত ছিল কোনো এটি বিকৃত অবস্থায় ছিল।

স্বাভাবিক অবস্থান থেকে পরিবর্তন করে কোনো বস্তুকে অন্য অবস্থানে বা স্বাভাবিক অবস্থা পরিবর্তন করে অন্য কোনো অবস্থায় আনলে বস্তু কাজ করার যে সামর্থ্য অর্জন করে তাকে বিভব শক্তি বলে।

সম্প্রসারিত কর্মকাণ্ড : একটি পুঁথি নিয়ে তার উপর একটি শক্তি পরিণত লাগে। শক্তির এক প্রান্তে একটি ভরী কলসু A এবং অপর প্রান্তে হালকা কলসু B রাখা যেন A কলসু তুণ্ড থেকে উপরে এবং B কলসু তুণ্ড থেকে থাকে (চিত্র : ৪.৩)। হাত ছেড়ে দাও।



চিত্র : ৪.৩

কী দেখতে পেরে? A কলসু নিচে নামবে আর B কলসু উপরে উঠবে। A কলসুটি তার স্বাভাবিক অবস্থান তুণ্ড থেকে উপরে থাকার কারণে তার ভেতর কাজ করার সামর্থ্য তথা বিভব শক্তি সঞ্চিত ছিল। এটি তুণ্ড পর্যন্ত ফিরে আসতে কাজ করতে পারে। অর্থাৎ B কলসুকে উপরে উঠাতে পারে।

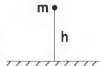
প্রসারিত : একটি শিশু নিয়ে এর এক প্রান্ত একটি সূঁচ অবস্থানের সাথে এটিকে এক অপর প্রান্তে একটি ব্লক সঞ্চিত কর। এগুলোকে একটি সূঁচের উপর স্থাপন কর। এখন ব্লকটিতে বল প্রয়োগ করে শিশুটিকে সংকুচিত কর এবং ব্লকটির সামনে অন্য একটি কলসু রাখ (চিত্র : ৪.৪)। এখন হাত ছেড়ে দাও।



চিত্র : ৪.৪

কলসুটি হিটকে দূরে সরে পেল কেন? শিশুটি তার আগের স্থিতি অবস্থানে ফিরে আসার সময় কাজ করতে পারল — অন্য কলসুকে সরিয়ে পারল। শিশুটি এই যে তার স্বাভাবিক অবস্থা পরিবর্তনের জন্য কাজ করার সামর্থ্য লাভ করল সেটি তার বিভব শক্তি। স্বাভাবিক অবস্থান বা অবস্থা থেকে পরিবর্তন করে কোনো কলসুকে অন্য কোনো অবস্থান বা অবস্থায় আনতে যদি কোনো বস্তুকে কিছুতে কোনো কাজ করা হয় তখন কলসুটি ঐ পরিমাণ কাজ করার সামর্থ্য লাভ করে অর্থাৎ শক্তি সঞ্চিত করে। এই কলসি খাটে সজ্জাখনী বল বা মহাকর্ষ বল, তড়িৎ বল, প্রৌষিক বল, চিৎ বল ইত্যাদির প্রভাব কার্যের মধ্যে। এই প্রভাব কার্যকে ঐ বস্তুকে কাজের বল হয়। যেমন মহাকর্ষ ক্ষেত্র, তড়িৎ ক্ষেত্র ইত্যাদি। আমরা এখন তুণ্ড থেকে কোনো কলসুকে উপরে তুলি তখন অভিকর্ষ বস্তুর বিরুদ্ধে কাজ করে। ফলে ঐ বস্তু কিছু বিভব শক্তি লাভ করে। কলসুটি যদি তুণ্ডে পড়ে তখন ঐ পরিমাণ কাজ করতে পারে।

m ভরের কোনো কলসুকে তুণ্ড থেকে h উচ্চতায় (চিত্র : ৪.৫) উঠাতে কৃত কাজই হচ্ছে কলসুতে সঞ্চিত বিভব শক্তির পরিমাণ। আর এ ক্ষেত্রে কৃত কাজ হচ্ছে কলসুর উপর প্রযুক্ত অভিকর্ষ বল তথা কলসুর ভজন এবং উচ্চতার গুণফলের সমান।



চিত্র : ৪.৫

$$\therefore \text{বিত্ত্ব শক্তি} = \text{বস্তুর ভর} \times \text{উচ্চতা} \\ = mgh$$

$$\therefore E_p = mgh \quad (4.3)$$

অর্থাৎ বিত্ত্ব শক্তি = বস্তুর ভর \times অভিকর্ষজ ত্বরণ \times উচ্চতা

বিত্ত্ব শক্তির পরিমাণ ভূপৃষ্ঠ থেকে বস্তুর উচ্চতার উপর নির্ভর করে। উচ্চতা যত বেশি হবে, বিত্ত্ব শক্তিও তত বেশি হবে। বিত্ত্ব শক্তি বস্তুর ভরের উপরও নির্ভর করে। ভর যত বেশি হবে বিত্ত্ব শক্তিও তত বেশি হবে।

কোনো বস্তুর মধ্যে বিত্ত্ব শক্তি থাকলে এবং তাকে ব্যবহার করতে হলে এটিকে আগে অন্য শক্তিতে রূপান্তর করে নিতে হবে। যেমন ঘাসের উপর ধাকা পাখর ছাড়া ততক্ষণ বিশ্রামক নয় যতক্ষণ না এর বিত্ত্ব শক্তি গতিশক্তিতে রূপান্তরিত হয় অর্থাৎ এটি ঘাস থেকে পড়া শুরু করে।

গাণিতিক উদাহরণ ৪.৩ : একটি বস্তুর ভর ৬ kg। একে ভূপৃষ্ঠ থেকে ২০ m উচ্চতায় তুললে বিত্ত্ব শক্তি কত হবে? $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

আমরা জানি,

$$E_p = mgh \\ = 6 \text{ kg} \times 9.8 \text{ ms}^{-2} \times 20 \text{ m} \\ = 1176 \text{ J}$$

উত্তর : 1176 J

এখানে,

বস্তুর ভর, $m = 6 \text{ kg}$

উচ্চতা, $h = 20 \text{ m}$

$g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$

বিত্ত্ব শক্তি, $E_p = ?$

৪.৩ শক্তির প্রধান উৎস

Main sources of energy

যন্ত্রনির্ভর বর্তমান সভ্যতা শক্তি ছাড়া এক মুহূর্তও চলতে পারে না। শক্তির বিনিময়ে কাজ পাওয়া যায়। সকল জীবের বেঁচে থাকার জন্য শক্তির নিরবচ্ছিন্ন যোগান থাকতে হবে। জীবন যাত্রার মানেদুয়নের সাথে মানুষের শক্তির চাহিদা দিন দিন বেড়েই চলেছে। বাড়তি শক্তির প্রয়োজনে মানুষকে নিত্যনতুন শক্তির উৎসের সন্ধান করতে হচ্ছে। সুস্থিকে টিকিয়ে রাখার জন্য শক্তির যোগান অব্যাহত রাখতে হলে শক্তির উৎস সম্পর্কে আমাদের পরিষ্কার ধারণা থাকা প্রয়োজন। আমরা জানি সূর্যই প্রায় সকল শক্তির উৎস। এ ছাড়াও পরমাণুর অভ্যন্তরে নিউক্লিয়াসের নিউক্লীয় শক্তি ও পৃথিবীর অভ্যন্তরে অবস্থিত গলিত উদ্ভট পদার্থ থেকে প্রাপ্ত শক্তিও শক্তির উৎস হিসেবে বিবেচিত হচ্ছে। পৃথিবীতে কত শক্তি আছে তার প্রায় সবটাই কোনো না কোনোভাবে সূর্য থেকে আসা বা সূর্য কিরণ ব্যবহৃত হয়েই তৈরি হয়েছে।

রাসায়নিক/জ্বালানি শক্তি

আগ্নিকালে মানুষ সকল কাজে পুরোপুরি নির্ভর করতে তার শৈশব শক্তির উপর। এরপর মানুষ পশুকে বেশে আসল এবং পশু শক্তিকে বিভিন্ন কাজে ব্যবহার করতে লাগল। পশু শক্তির সাহায্যে কৃষিকাজ, জিনিসপত্র বহন ইত্যাদি কাজ মানুষ করত। কঠ ও গাছের কাটা পুড়িয়ে তাপ শক্তি সৃষ্টি, জলস্রোত ও বায়ুপ্রবাহ থেকে যন্ত্রশক্তি উৎপন্ন করা ছিল সভ্যতার প্রাথমিক স্তর। যন্ত্রশক্তি ব্যবহারের ফলে মানুষের অর্থনৈতিক উন্নতি শুরু হলো। শিল্প বিপ্লব ও বাণিজ্য ইঞ্জিনের আবিষ্কার মানুষের ও পশুদের শৈশব শক্তির উপর নির্ভরতা কমিয়ে দিল। বাল্প শক্তির সাহায্যে মানুষ বিভিন্ন যন্ত্রপাতি চালাতে থাকল। এ বাল্প শক্তি উৎপন্ন করার জন্য জ্বালানি প্রয়োজন। বিভিন্ন প্রকার জ্বালানিকেই তাই আমরা শক্তির উৎস হিসেবে বিবেচনা করি।

শক্তির অতি পরিচিত উৎস হলো কয়লা, খনিজ তেল ও প্রাকৃতিক গ্যাস। জ্বালানুতরে কয়লা, তেল বা প্রাকৃতিক গ্যাস পাওয়া যায় বা সরাসরি বা সামান্য পরিপোষিত করে জ্বালানি হিসেবে ব্যবহার করা যায়।

কয়লা : শক্তির উৎসগুলোর মধ্যে কয়লার পরিচিতি সবচেয়ে বেশি। কয়লা একটি জৈব পদার্থ। পৃথিবীতে এক সময় অনেক গাছপালা ছিল। বিভিন্ন প্রাকৃতিক বিপর্যয় ও স্বাভাবিকভাবে গাছের পাতা বা কণ্ড মাটির নিচে চাপা পড়ে এক জমতে থাকে। গাছের পাতা ও কণ্ড রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে কয়লায় রূপান্তরিত হয়। কয়লা পুড়িয়ে সরাসরি তাপ পাওয়া যায়। এটি একটি অতি পরিচিত জ্বালানি। তবে জ্বালানি হিসেবে ব্যবহার ছাড়াও কয়লা থেকে বহু প্রয়োজনীয় পদার্থ উৎপাদিত হয়। এদের মধ্যে রয়েছে কেল গ্যাস, আলকাতরা, বেজিন, অ্যামোনিয়া, টমুয়িন প্রভৃতি। রান্না করতে ও বাতায়ী ইঞ্জিন চালাতে কয়লা ব্যবহৃত হয়। আধুনিক কালে কয়লার প্রধান ব্যবহার বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্রে। তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্রের প্রধান উপাদান কয়লা।

কয়লা চানিত বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্রের প্রধান সমস্যা হচ্ছে এটি সাধারণতের ধোঁয়া নির্গমণ করে। এই ধোঁয়া এমিড বৃষ্টির সৃষ্টি করে। এই এমিড যদিও খুব দুর্বল, কিন্তু তা পুকুর, হ্রদ ও বাসে বিশেষ মাছ মেরে ফেলে, বন ধ্বংস করে এবং প্রাচীন পাথুরে খোদাই করা কাল নষ্ট করে ফেলে।

বনিজ তেল : শক্তির অন্যতম প্রধান উৎস বনিজ তেল বা পেট্রোলিয়াম। বর্তমান সভ্যতার পেট্রোলিয়ামের ব্যবহার অত্যন্ত ব্যাপক। গ্রামের ঝুঁকুঝর থেকে শুরু করে আধুনিকতম পরিবহন ব্যবস্থা সর্বত্রই এর ব্যবহার রয়েছে। পেট্রোলিয়াম থেকে নিষ্কাশিত তেল পেট্রোল, গ্যাস রাস্তার উপর দেওয়া পিচ, কেরোসিন ও চাফাখাসের জন্য ব্যবহৃত রাসায়নিক সার পাওয়া যায়। পরিবহনের জ্বালানি হিসেবে পেট্রলের ভূমি নেই। পেট্রোলিয়াম থেকে আরো পাওয়া যায় নানান রকম কৃত্রিম কয়লা। এগুলো হলো টেরিলিন, পলিয়েস্টার, ক্যামিলিন ইত্যাদি। এছাড়া পেট্রোলিয়াম থেকে তৈরি হয় নানা রকম প্রসাধনী। একতরফ ব্যবহার থাকে সত্ত্বেও এর মূল ব্যবহার জ্বালানি হিসেবে। পেট্রোলিয়ামজাত সামগ্রীর প্রধান ব্যবহার হলো তড়িৎ ও যান্ত্রিক শক্তি উৎপাদন। পেট্রোলিয়াম একটি শ্যাটিন শব্দ। এটি তৈরি হয়েছে পেট্রো ও অসিয়াম মিলে। শ্যাটিন ভাষায় পেট্রো শব্দের অর্থ পাথর এবং অসিয়াম শব্দের অর্থ তেল। সুতরাং পেট্রোলিয়াম হলো পাথরের তেল অর্থাৎ পাথরের মধ্যে সঞ্চিত তেল। টারশিয়ারি যুগে অর্থাৎ আজ থেকে পাঁচ হাজার কোটি বছর আগে সমুদ্রের তলদেশে গেলগিক শিলার স্তরে স্তরে গাছপালা ও সামুদ্রিক প্রাণী চাপা পড়ে যায়। বিভিন্ন রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে এরা রূপান্তরিত হয় বনিজ তেলে। আজকের স্মলভাসের অনেকাংশ প্রাগৈতিহাসিক যুগে সমুদ্রের তলদেশে ছিল।

প্রাকৃতিক গ্যাস : প্রাকৃতিক গ্যাস শক্তির একটি পরিচিত উৎস। বিশেষ করে বাংলাদেশে প্রাকৃতিক গ্যাসের ব্যবহার ব্যাপক। উন্নত দেশগুলোতেও প্রাকৃতিক গ্যাসের ব্যবহার খুব বেশি। বিভিন্ন শিল্প কারখানায় এর ব্যবহার রয়েছে। এর ব্যবহার প্রধানত জ্বালানি হিসেবে। বাংলাদেশে রান্নার কাজে এর ব্যাপক ব্যবহার রয়েছে। এছাড়াও ব্যবহার রয়েছে অনেক নার কারখানায়। গ্যাসের সাহায্যে তাপশক্তি উৎপাদিত হয় এবং তা থেকে তাপ বিদ্যুৎ কেন্দ্রে উৎপাদিত হয় বিদ্যুৎ।

প্রাকৃতিক গ্যাস পাওয়া যায় স্থগত থেকে। স্থগতির কূপ খনন করে স্থগত থেকে এ গ্যাস উত্তোলন করা হয়। পৃথিবীর অভ্যন্তরে প্রচণ্ড তাপ ও চাপ এ ধরনের গ্যাস সৃষ্টির মূল কারণ। পেট্রোলিয়াম কূপ থেকেও প্রাকৃতিক গ্যাস পাওয়া যায়। প্রাকৃতিক গ্যাসের প্রধান উপাদান মিথেন গ্যাস। এই সকল শক্তিকে জীবাশ্ম শক্তিও বলা হয়।

উপরে শক্তির যে তিনটি উৎস সম্পর্কে আলোচনা করা হলো মানুষের শক্তির চাহিদা বৃদ্ধির ফলে এগুলো খুব দ্রুত হ্রাসিয়ে আসছে। পৃথিবীর বর্তমান গৌত অবস্থা যা ভাঙতে পারে এ সকল উৎস যেমন কয়লা, বনিজ তেল, প্রাকৃতিক গ্যাস আর নতুন করে সৃষ্টি হওয়ার নয় এদেরকে অববায়নযোগ্য শক্তি বলা হয়। ফলে শক্তির বিকল্প উৎসের দিকে ঝুঁকছে মানুষ। এ সকল শক্তির বিপরীতে বিকল্প যে সকল উৎস ব্যবহারের দিকে মানুষ আকৃষ্ট হচ্ছে তার মধ্যে সৌরশক্তি, পানি প্রবাহ থেকে প্রাপ্ত শক্তি, জোয়ার-ভাটা শক্তি, ভূ-ডাণীয় শক্তি, বায়ু শক্তি, ব্যারোমাস ইত্যাদি উৎসগুলো প্রধান। এ উৎসগুলো প্রত্যাক বা পরোক্ষভাবে সূর্যের উপর নির্ভরশীল। যতদিন পৃথিবী সূর্যের আলো পেতে থাকবে ততদিন পর্যন্ত এ সকল উৎস থেকে শক্তির সরবরাহ পাওয়া সম্ভব হবে। তাই এই সকল উৎসকে নবায়নযোগ্য শক্তির উৎস বলা হয়।

সৌরশক্তি : সূর্য থেকে যে শক্তি পাওয়া যায় তাকে বলে সৌরশক্তি। আমরা জানি সূর্য সকল শক্তির উৎস। পৃথিবীতে যত শক্তি আছে তার প্রায় সবই কোনেনা কোনেনাভাবে সূর্য থেকে আসা বা সূর্য কিরণ ব্যবহৃত হয়েই তৈরি হয়েছে। যেমন আধুনিক সভ্যতার ধারক জীবন্ত জ্বালানি (কয়লা, খনিজ তেল, প্রাকৃতিক গ্যাস) আসলে বহুদিনের সম্ভিত সৌরশক্তি।

প্রাচীনকাল থেকে মানুষ সূর্য কিরণকে সরাসরি ব্যবহার করেছে কোনো কিছু শুকানোর কাজে। বর্তমানে সূর্যের শক্তিকে সবসময় ব্যবহারের জন্য মানুষ নানান রকম উপায় অবলম্বন করেছে। লেন্স বা দর্পণের সাহায্যে সূর্য রশ্মিকে অতিসারী করে আগুন জ্বালানো যায়। সূর্য কিরণকে খাতব প্রতিফলকের সাহায্যে প্রতিকলিত করে তৈরি হয় সৌরচুল্লি। এ চুল্লিতে রান্না করা যায়।

করে লেন্স : 15 cm বা 20 cm ফোকাস দূরত্বের একটি অবতল দর্পণ ও এক টুকরা কাগজ নাও। দর্পণটিকে সূর্যের দিকে মুখ করে ধর। কাগজের টুকরাটি হাতে নিয়ে দর্পণের সাহায্যে কাগজের উপর সূর্যাসোক কেন্দ্রীভূত কর। এভাবে কাগজের টুকরাটিতে আগুন লা জ্বলা পর্যন্ত ধরে থাক।

সৌরশক্তিকে শীতের সেশে ঘরবাড়ি গরম করার কাজে ব্যবহার করা হয়। শস্য, মাছ, সবজি শুকানোর কাজে সৌরশক্তি ব্যবহৃত হয়। মাছ শুকিয়ে খুঁটকি তৈরি করে তা বহুদিন সংরক্ষণ করা যায়। সৌরশক্তির আরো উদাহরণ হচ্ছে — সোলার ওয়াটার হিটার, সোলার স্কুয়ার ইত্যাদি।

আধুনিক কৌশল ব্যবহার করে তৈরি হয়েছে সৌরকোষ। সৌরকোষের বৈশিষ্ট্য হলো এর উপর সূর্যের আলো পড়লে এ থেকে সরাসরি তড়িৎ পাওয়া যায়। সৌরকোষের নানা রকম ব্যবহার রয়েছে।

- ১। কৃত্রিম উপগ্রহে তড়িৎ শক্তি সরবরাহের জন্য এ কোষ ব্যবহৃত হয়। এ জন্য কৃত্রিম উপগ্রহ বহুদিন ধরে তার কক্ষপথে ঘুরতে পারে।
- ২। বিভিন্ন ইলেকট্রনিক যন্ত্রপাতি যেমন পকেট ক্যালকুলেটর, পকেট রেডিও, ইলেকট্রনিক ঘড়ি সৌরশক্তির সাহায্যে চালানো হচ্ছে।
- ৩। বর্তমানে আমাদের দেশেও সৌরশক্তির সাহায্যে অনেক গ্রামে, বাসা-বাড়ি বা অফিসে বিদ্যুৎ শক্তি উৎপাদন করে কিছুতের চাখিলা মেটানো হচ্ছে।

সৌরশক্তি ব্যবহারের সুবিধা হলো এ শক্তি ব্যবহারে পরিবেশ দূষণের সম্ভাবনা কম। এ শক্তি ব্যবহারে বিপদের আশঙ্কা নেই কলেই চলে। সৌরশক্তির সহসা নিঃশেষ হয়ে যাওয়ার কোনো সম্ভাবনা নেই। এ শক্তির তাই প্রস্তুত শক্তি উৎস জীবন্ত জ্বালানির বিকল্প হিসেবে ব্যবহারের সম্ভাবনা খুব বেশি।

জলবিদ্যুৎ (যান্ত্রিক শক্তির রূপান্তর)

পানি নবায়নযোগ্য শক্তির অন্যতম উৎস। পানির প্রোত ও জোয়ার-ভাটাকে ব্যবহার করে শক্তি উৎপাদন করা যায়। প্রবাহিত পানির প্রোতে বিভিন্ন ধরনের শক্তি আছে যেমন গতিশক্তি ও বিত্তব শক্তি। পানির প্রবাহ বা প্রোতকে কাজে লাগিয়ে যে তড়িৎ বা বিদ্যুৎ উৎপাদন করা হয় তাকে বলা হয় জলবিদ্যুৎ। পৃথিবীর বিভিন্ন দেশের জলবিদ্যুৎ প্রকল্পে জলবিদ্যুৎ উৎপাদনের জন্য বিত্তব শক্তি ব্যবহার করা হয়। প্রবাহিত পানির প্রোতকে ব্যবহার করে বিদ্যুৎ উৎপাদনের প্রক্রিয়াটি সহজ। পানির প্রোতের সাহায্যে একটি টার্বাইন ঘোরানো হয়। এই টার্বাইনের ঘূর্ণন থেকেই এখানে যান্ত্রিক শক্তি ও চৌম্বকশক্তির সমন্বয় ঘটানো হয়।

প্রবাহিত পানির স্রোত থেকে যান্ত্রিক শক্তি সঞ্চয় করে তৌম্বক শক্তির সমন্বয়ে তড়িৎ উৎপাদন করা হয় বলে এ

মডেল তৈরি : পড়ন্ত পানির শক্তিকে কাজে লাগিয়ে
টার্বাইন ঘুরিয়ে একটি ডায়নামো চালিয়ে জলবিদ্যুৎ
উৎপাদন কেন্দ্রের একটি মডেল তৈরি করা।
চিত্র : (৪.৬)।



চিত্র : ৪.৬

ধরনের তড়িৎের নাম জলবিদ্যুৎ। আমাদের দেশে কাপ্তাই বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্রে পানির বিতব শক্তিকে ব্যবহার করে বিদ্যুৎ উৎপাদন করা হয়।

নদী বা সমুদ্রের পানির জোয়ার-ভাটার শক্তিকে ব্যবহারের প্রচেষ্টা মানুষ বহুদিন থেকে চালিয়ে যাচ্ছে। জোয়ার-ভাটার শক্তিকে কাজে লাগিয়ে বিভিন্ন বস্ত্র চালনার ব্যাটারি অনেকদিন আগেই উদ্ভাবিত হয়েছে।

ব্রহ্মে জোয়ার-ভাটার শক্তির সাহায্যে তড়িৎ শক্তি প্রকল্প সফলতার সাথে কাজ করছে। বর্তমানে পৃথিবীর বিভিন্ন দেশে জোয়ার-ভাটার শক্তিকে কাজে লাগিয়ে তড়িৎ উৎপাদনের চেষ্টা চলছে।

বায়ু শক্তি : পৃথিবী পৃষ্ঠের তাপমাত্রার পার্থক্যের কারণে বায়ু প্রবাহিত হয়। বায়ু প্রবাহজনিত গতিশক্তিকে আমরা যান্ত্রিক বা তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরিত করতে পারি। শক্তি রূপান্তরের এইশ কন্ট্রোল ব্যবস্থা বলে। বায়ু প্রবাহকে কাজে লাগিয়ে প্রাচীনকালের মানুষেরা কুয়া থেকে পানি তোলা, জাহাজ চালানো ইত্যাদি কাজ সম্পাদন করতো। দৌকর পাল ভূলে আজও বায়ু শক্তিকে কাজে লাগানো হয়। বর্তমানে প্রযুক্তি ব্যবহার করে বায়ুকল কাজে লাগিয়ে তড়িৎ উৎপাদন করা হচ্ছে।

ভূ-তাপীয় শক্তি : ভূ-অভ্যন্তরের তাপকে শক্তির উৎস হিসেবে ব্যবহার করা যেতে পারে। ভূ-অভ্যন্তরের গভীরে ভাগের পরিমাণ এক বেশি যে তা শীতলতাকে গলিয়ে ফেলতে পারে। এ গলিত শীতকে ম্যাগমা বলে। ভূতাত্ত্বিক পরিবর্তনের ফলে কখনো কখনো এই ম্যাগমা উপরের দিকে উঠে আসে যা ভূপৃষ্ঠের খানিক নিচে জমা হয়। এ সকল জমাট হট স্পট (Hot spot) নামে পরিচিত। ভূ-গর্ভস্থ পানি এ হট স্পটের সংস্পর্শে এসে বাষ্পে পরিণত হয়। এই বাষ্প ভূ-গর্ভে আটকা পড়ে যায়। হট স্পটের উপর গর্ত করে পাইপ ঢুকিয়ে উঠ চলে এই বাষ্পকে বের করে আনা যায় যা দিয়ে টার্বাইন ঘুরিয়ে বিদ্যুৎ উৎপাদন সম্ভব। নিউজিল্যান্ডে এ রকম বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্র আছে।

বায়োমাস শক্তি : সৌর শক্তির একটি সূত্র তত্ত্ব যা সবুজ গাছপালা দ্বারা সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়ে বায়োমাসরূপে গাছপালা বিভিন্ন অংশে মজুদ থাকে। বায়োমাস কাজে সেই সব জৈব পদার্থকে বুঝায় বাসেরকে শক্তিতে রূপান্তরিত করা যায়। মানুষসহ অনেক প্রাণী খাদ্য হিসেবে বায়োমাস গ্রহণ করে তাকে শক্তিতে রূপান্তরিত করে জীবনের কর্মকান্ড চাল রাখে। বায়োমাসকে শক্তির একটি বহুমুখী উৎস হিসেবে বিবেচনা করা যায়। জৈব পদার্থসমূহ বাসেরকে বায়োমাস শক্তির উৎস হিসেবে ব্যবহার করা যায় সেগুলো হচ্ছে গাছ-গাছালী, ছালানি কাঠ, কাঠের বর্জ্য, শস্য, ধানের তুষ ও কুড়া, লতা-পাতা, পশু পখির মল, শৌর বর্জ্য ইত্যাদি। বায়োমাস প্রধানত কার্বন ও হাইড্রোজেন দ্বারা গঠিত। নবায়নযোগ্য শক্তির অন্যতম উৎস বায়োমাস।

বায়োমাস থেকে সহজে উৎপাদন করা যায় বায়োগ্যাস। এ গ্যাস আমরা প্রাকৃতিক গ্যাসের বিকল্প হিসেবে রান্নার কাজে এমনকি বিদ্যুৎ উৎপাদনের কাজেও ব্যবহার করতে পারি। এর উৎপাদন পদ্ধতিও বেশ সহজ। একটি আবৃত পাত্রের মধ্যে গোবর ও পানির মিশ্রণ ১ : ২ অনুপাতে রেখে পচানো হলে বায়োগ্যাস উৎপন্ন হয়। যা নলের সাহায্যে বেরিয়ে

আলে। এ গ্যাস রান্নার কাজে ব্যবহার করা যায়। ৪/৫ জনের একটি পরিবারের রান্না ও ব্যক্তি জ্বালানোর গ্যাসের জন্য ২/৩ টি গছুর গোছাই যথেষ্ট।

নিউক্লীয় শক্তি : নিউক্লীয় বিক্রিয়ায় উৎপন্ন শক্তি ব্যবহার করে বিদ্যুৎ উৎপাদন করা যায়। যে নিউক্লীয় বিক্রিয়ায় প্রাপ্ত শক্তিকে বিদ্যুৎ উৎপাদনে ব্যবহার করা হয় সেই বিক্রিয়াকে বলা হয় নিউক্লীয় ফিশন। এতে ইউরেনিয়ামের সাথে নির্দিষ্ট শক্তির নিউট্রনের বিক্রিয়া ঘটানো হয়। নিউক্লীয় চুল্লীতে এই বিক্রিয়া ঘটানো হয়।

ভর-শক্তির সম্বন্ধ : নিউক্লীয় বিক্রিয়ায় সাধারণত পদার্থ ভরা ভর শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। অবশ্য নিউক্লীয় বিক্রিয়ায় মোট ভরের কেবল একটি ক্ষুদ্র ভগ্নাংশ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। পদার্থ শক্তিতে রূপান্তরিত হলে যদি E পরিমাণ শক্তি পাওয়া যায়, তাহলে

$$E = mc^2$$

এখানে m হচ্ছে শক্তিতে রূপান্তরিত ভর এবং c হচ্ছে আলোর বেগ যা $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ এর সমান।

পরীক্ষা করে দেখা গেছে একটি ফিশন বিক্রিয়ায় অর্ধাৎ একটি নির্দিষ্ট শক্তির নিউট্রন যদি একটি ইউরেনিয়াম নিউক্লিয়াসকে আঘাত করে তাহলে প্রায়

$$200 \text{ MeV} = 200 \times 10^6 \text{ eV} = 200 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} = 3.2 \times 10^{-11} \text{ J} \text{ শক্তি নির্গত}$$

হয়। যেহেতু ফিশন বিক্রিয়া একটি শৃঙ্খল বিক্রিয়া, সুতরাং মধ্য কোটি কোটি বিক্রিয়া সংঘটিত হয় এবং বিপুল পরিমাণ শক্তি নির্গত হয়।

বিশাখ কক : 1 kg বস্তুকে যদি সম্পূর্ণরূপে শক্তিতে রূপান্তরিত করা সম্ভব হতো, তাহলে কত কিলোওয়াট ঘণ্টা শক্তি উৎপন্ন হতো? 1 কিলোওয়াট ঘণ্টা (1kWh) = $3.6 \times 10^6 \text{ J}$

এই বিক্রিয়ায় প্রাপ্ত শক্তিকে নিয়ন্ত্রিত উপায়ে উচ্চ চাপের কর্বন ডাই অক্সাইড গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তি হিসেবে নিরবচ্ছিন্নভাবে পাশ করা হয়ে অন্য পাত্রের নেওয়া হয়। এই উত্তপ্ত গ্যাস একটি বিশেষ বাষ্প বয়লারের চারপাশে ঘুরে বয়লারের ভিতরের বাষ্পকে উত্তপ্ত করে যা টার্বাইন ঘুরিয়ে বিদ্যুৎ উৎপাদন করে। নিউক্লীয় বিক্রিয়ায় এক টন ইউরেনিয়াম থেকে যে শক্তি পাওয়া যায় তা দশ লক্ষ টন কয়লা পুড়িয়ে পাওয়া শক্তির সমান।

পরিবেশের উপর শক্তির রূপান্তরের প্রভাব : নিউক্লীয় বিদ্যুৎ উৎপাদন সশস্ত্রী হলেও নিউক্লীয় জ্বালানির বর্জ্য অতিমাত্রায় তেজস্ক্রিয় এবং এই বর্জ্যকে নিরাপদ পরিণত করতে হাজার হাজার বছর ধরে সজরক্ষণ করতে হয়। এছাড়া নিউক্লীয় চুল্লীতে উচ্চ তাপমাত্রা ও চাপ তৈরি হয়। তাই একে এমন পদার্থ দিয়ে তৈরি করতে হবে যেন তা সহ্য করতে পারে। কোনো দুর্ঘটনা যে কত মারাত্মক তা আমরা সোভিয়েত ইউনিয়নের (বর্তমানে ইউক্রেনের) চেরনোবিল এবং জাপানের ফুকুশিমা এর অভিজ্ঞতা থেকে জানি। তবে নিউক্লীয় বিদ্যুৎ উৎপাদনে পরিবেশে গ্রিন হাউস গ্যাস কম উৎপন্ন হয়।

নবায়নযোগ্য শক্তির সামাজিক প্রভাব ও সুবিধা : আমাদের সামাজিক জীবনে নবায়নযোগ্য শক্তি ব্যবহারের সুসূত্র প্রসারী প্রভাব রয়েছে। আমাদের দেশে চাহিদার জ্বলনায় প্রাকৃতিক শক্তি যেমন কয়লা, খনিজ তেল ও প্রাকৃতিক গ্যাসের মজুদ অতি নগণ্য। তাই আমাদের শক্তির প্রয়োজন মেটাতে অমূল্য বৈদেশিক মুদ্রা ব্যয় করে বিদেশ থেকে খনিজ তেল, কয়লা আমদানি করতে হয়। কিন্তু আমাদের দেশে যে সকল নবায়নযোগ্য শক্তির উৎস রয়েছে সেগুলো বিশেষ করে বায়োগ্যাস উৎপাদন ও ব্যবহারে পল্লী অঞ্চলের মানুষকে উদ্বুদ্ধ করতে পারলে সহজেই আমাদের পল্লী অঞ্চলের চেহারা কলমে দেওয়া সম্ভব হবে।

বায়ুকে ব্যবহার করে বিদ্যুৎ উৎপাদনের দিকেও আমরা নজর দিতে পারি। গবেষণার মাধ্যমে সৌরশক্তির ব্যবহার সুলভ করতে পারলে আমাদের শক্তির ব্যবহারী প্রয়োজন অক্ষুণ্ণ এ উৎস থেকে মেটানো সম্ভব হবে।

নবায়নযোগ্য শক্তি ব্যবহারের প্রধান সুবিধাই হচ্ছে—এ উৎস শেষ হয়ে যাওয়ার আশঙ্কা নেই। তাছাড়া পরিবেশ দূষণের হাত থেকে দেশকে বাঁচানো সম্ভব হবে।

৪.৪ শক্তির রূপান্তর

Transformation of energy

শক্তি অদ্বৈত একরূপ থেকে অন্যরূপে রূপান্তরিত হচ্ছে। এ মহাবিশ্বে নানা ঘটনা প্রবাহ চলাচ্ছে শক্তির রূপান্তর আছে বলে। শক্তি একরূপ থেকে একাধিকরূপে রূপান্তরিত হলেও মহাবিশ্বের মোট শক্তি ভাঙারের কোনো পরিবর্তন হচ্ছে না।

মানুষ, কম্পিউটার কিংবা কোনো যন্ত্রকে কোনো কাজ করতে হলে কিংবা কোনো প্রক্রিয়া বা পরিবর্তন সাধন করতে হলে শক্তির রূপান্তরের প্রয়োজন হয়। একরূপের শক্তিকে অন্যরূপের শক্তি উৎপাদনে ব্যবহার করা যেতে পারে। প্রকৃতপক্ষে, একরূপের শক্তি সারাক্ষণই অন্যান্যরূপের শক্তিতে পরিবর্তিত হচ্ছে। এটিই শক্তির রূপান্তর হিসেবে পরিচিত। যখন কেউ গিটার বাজায় তখন কী হয়? শির্ষীর হাতের আঙুলের পেশি শক্তি কম্পন তৈরি করে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয় যা সুন্দর মিউজিকরূপে শব্দ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়ে আমাদের কানে প্রবেশ করে। যখন কাঠ বা খড়ি শেড়ানো হয় তখন রাসায়নিক শক্তি মুক্ত হয় এবং তা তাপ ও আলোক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। একটি তড়িৎ কোষের অভ্যন্তরে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এবং এই সকল বিক্রিয়ার রাসায়নিক শক্তি তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয় যা নানাবিধ কাজে ব্যবহৃত হয়।

একরূপের নির্দিষ্ট পরিমাণ শক্তি অন্যরূপে রূপান্তরিত করলে কতটুকু শক্তি পাওয়া যাবে? শক্তির নিত্যতা বা সংরক্ষণশীলতা নীতি থেকে তা জানা যায়। শক্তি যখন একরূপ থেকে অন্যরূপে পরিবর্তিত হয় তখন শক্তির কোনো ক্ষয় হয় না। এক বস্তু যে পরিমাণ শক্তি হারায় অপর বস্তু ঠিক সেই পরিমাণ শক্তি লাভ করে। প্রকৃতপক্ষে আমরা নতুন কোনো শক্তি সৃষ্টি করতে পারি না বা শক্তি ধ্বংসও করতে পারি না। অর্থাৎ বিশ্বের সামগ্রিক শক্তি ভাঙারের কোনো তারতম্য ঘটে না। এ বিবৃতিটির প্রথম মুহূর্তে যে পরিমাণ শক্তি ছিল আজও মহাবিশ্বে সেই পরিমাণ শক্তি বর্তমান। এটাই শক্তির অবিদ্যমানতা বা নিত্যতা বা সংরক্ষণশীলতা।

শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতি : শক্তির সৃষ্টি বা ধ্বংস নেই, শক্তি কেবল একরূপ থেকে অপর এক বা একাধিকরূপে পরিবর্তিত হতে পারে। মহাবিশ্বের মোট শক্তির পরিমাণ নির্দিষ্ট ও অপরিবর্তনীয়।

শক্তির রূপান্তর : আমরা আসেই বিভিন্ন প্রকার শক্তির কথা বলেছি সেগুলো সকলেই পরস্পরের সাথে সম্পর্কিত। অর্থাৎ কোনো একটা থেকে অন্যটাকে পরিবর্তন সম্ভব। এ পরিবর্তনকে শক্তির রূপান্তর বলে। আসলে প্রায় প্রত্যেক প্রকৃতিক ঘটনাকেই শক্তির রূপান্তর হিসেবে ধরা যেতে পারে। নিচে শক্তির রূপান্তরের কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হলো :

১. **যান্ত্রিক শক্তির রূপান্তর :** হাতে হাত ঘষলে তাপ উৎপন্ন হয়। একেই যান্ত্রিক শক্তি তাপ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। কলমের খসি মুখে ইঁ দিলে যান্ত্রিক শক্তি শব্দ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। পানি যখন পাহাড় পর্বতের উপরে থাকে তখন তাতে বিভব শক্তি সঞ্চিত থাকে। এই পানি যখন সরানো বা নদীরূপে উপর থেকে নিচে নেমে আসে তখন বিভব শক্তি গতিশক্তিতে পরিণত হয়। এই পানি প্রবাহের সাহায্যে চাকা ঘুরিয়ে বিদ্যুৎ উৎপাদন করা হয়। এভাবে যান্ত্রিক শক্তি তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

২. **তাপ শক্তির রূপান্তর :** বায়ুর ইঞ্জিনে তাপের সাহায্যে বাষ্প উৎপন্ন করে রেলগাড়ি ইত্যাদি চালানো হয়। এখানে তাপ শক্তি যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত হচ্ছে। বাষ্পের ফিল্যামেন্টের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহের ফলে তাপ শক্তি আলোক

শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। দুইটি ভিন্ন ধাতব পদার্থের সংযোগস্থলে তাপ প্রয়োগ করলে তাপ তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

৩. **আলোক শক্তির রূপান্তর** : হারিকেনের ভিমনিতে হাত সিলে গরম অনুভূত হয়। এখানে আলোক শক্তি তাপ শক্তিতে রূপান্তরিত হচ্ছে। ফটো-ভোলটাইক কোষের উপর আলোর ক্রিয়ায় আলোক শক্তি তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। ফটোমায়িক কাগজের উপর আলোর ক্রিয়ায় ফলে আলোক শক্তি রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

৪. **রাসায়নিক শক্তির রূপান্তর** : খাদ্য এবং জ্বালানি যেমন তেল, গ্যাস, কয়লা ও কাঠ হচ্ছে রাসায়নিক শক্তির আধার। রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে খাদ্যের শক্তি আমাদের দেহে মুক্ত হয় এবং অন্য শক্তিতে রূপান্তরিত হওয়ার সময় আমরা স্নায়বিক কাজ করতে পারি। ইঞ্জিনে বা বয়লারে যখন জ্বালানি পোড়ানো হয় তখন শক্তির রূপান্তর ঘটে। তড়িৎ কোষ ও ব্যাটারিতে রাসায়নিক শক্তি তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। তড়িৎ শক্তি আবার বিভিন্ন বিশালাকার আলোক শক্তি ও তাপ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

৫. **তড়িৎ শক্তির রূপান্তর** : বৈদ্যুতিক মোটরে তড়িৎ শক্তি যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। বৈদ্যুতিক ইস্ত্রি, হিটার ইত্যাদিতে তড়িৎ শক্তি তাপ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। বৈদ্যুতিক বাম্প তড়িৎ শক্তি তাপ ও আলোক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। টেলিফোন ও রেডিওর গ্রাহক যন্ত্রে তড়িৎ শক্তি শব্দ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। সম্ভবত কোষে তড়িৎ শক্তি রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। তড়িৎচুম্বকে তড়িৎ শক্তি চৌম্বক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

৬. **নিউক্লীয় শক্তির রূপান্তর** : নিউক্লীয় সাবমেরিনে নিউক্লীয় শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা হয়। নিউক্লীয় চুল্লীতে নিউক্লীয় শক্তি অন্যান্য শক্তি বিশেষ করে তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়ে আলোক শক্তির চাহিদা অনেকাংশই পূরণ করে থাকে।

বৈদ্যুতিক পাওয়ার স্টেশন থেকে বুঝা যায় শক্তি কীভাবে একরূপ থেকে অন্যরূপে রূপান্তর হয়ে আমাদের বড়ি ঘরে আলো ও তাপ শক্তি দেয়। পাওয়ার স্টেশনে কয়লা ও প্রাকৃতিক গ্যাস পুড়িয়ে রাসায়নিক শক্তি থেকে তাপ শক্তি পাওয়া যায়। টার্বাইনের সাহায্যে তাপ শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা হয় যা বৈদ্যুতিক জেনারেটরের কুণ্ডলীকে ঘুরায়। এতে তড়িৎ শক্তি উৎপন্ন হয়। বড়ি ঘরে, কল কর্তৃকানায় বৈদ্যুতিক বাতি ও হিটার তড়িৎ শক্তিকে আলো ও তাপ শক্তিতে রূপান্তরিত করে।

আবার আমরা যখন হাতুড়ি নিয়ে আঘাত করে কোনো পেরেককে কাঠের মধ্যে প্রবেশ করাই তখন কোন কোন শক্তি কোন কোন শক্তিতে রূপান্তরিত হয়? আমাদের শরীরের রাসায়নিক শক্তি হাতুড়িকে উপরে উঠাতে কৃত কাজে যায় হয় বা হাতুড়ির উচ্চ অবস্থানে বিভব শক্তিরূপে জমা থাকে। যখন হাতুড়ি নিচে নামে তখন এই বিভব শক্তি গতিশীল হাতুড়ির গতিশক্তিতে রূপান্তরিত হয়। এই গতিশক্তি পেরেকটিকে কাঠের মধ্যে প্রবেশ করাতে প্রয়োজনীয় কাজে ব্যবহৃত হয় এবং সাথে সাথে শব্দ শক্তি উৎপন্ন হয় এবং পেরেক, কাঠ ও হাতুড়িতে তাপ শক্তি উৎপন্ন হয়।

শক্তি রূপান্তরিত হওয়ার সময় শক্তি সৃষ্টি বা ধ্বংস না হলেও শক্তির অবশিষ্ট ঘটেতে পারে। যেমন আলো বা তড়িৎ শক্তির মতো তাপ শক্তির সবটাই আমরা কাজে লাগাতে পারি না।

প্রতিবেদন তৈরি: ভূমি, শিক্ষা ও স্বাস্থ্য বিষয়ে শক্তির ব্যবহার সম্পর্কে একটি প্রতিবেদন তৈরি কর।

৪.৫ ক্ষমতা

Power

ক্ষমতা শব্দটির সাথে আমরা সবই পরিচিত। দৈনন্দিন জীবনে ক্ষমতা সাধারণত সম্পৃক্ত গ্রহণ ও ব্যতব্যয়নের সাথে সম্পর্কিত। বিজ্ঞানে ক্ষমতা শব্দটি মোটর, পাম্প, ইঞ্জিন ইত্যাদি যন্ত্র তথা কাজ সম্পাদনকারী কোনো কিছুর সাথে সংশ্লিষ্ট। অনেক সময় আমরা কোনো কাজ দ্রুত সমাধা করতে চাই। ধরা যাক, আমরা কোনো বহুতল ভবনের নিচতলায় রিজার্ভার বা পুকুর থেকে পানি নিয়ে ছাদের ট্যাংকে পানি পূর্ণ করতে চাই। আমরা যদি ব্যক্তি নিয়ে পানি বহন করে এ কাজটি করতে হাই তাহলে অনেক সময় লাগবে। আর যদি একটি মোটর বা পাম্পের সাহায্যে সরাসরি ট্যাংকেটি পানি পূর্ণ করা হয় তাহলে সময় অনেক কম লাগবে।

কোনো কাজ কখনো দ্রুত করা হয় কখনো ধীরে করা হয়। কত দ্রুত বা কত ধীরে কাজ করা হয় তার পরিমাপ হলো ক্ষমতা। মনে কর রনি ও অনি দুই বন্ধু একটি ভবনের পাঁচতলায় বাস করে। তাদের দুজনের ভর সমান। তারা নিচতলায় লিফটের সরঞ্জাম সামনে এসে সেখান লিফট নষ্ট। ফালের সিঁড়ি দিয়ে উপরে উঠতে হলে। রনির পাঁচ তলায় উঠতে সময় লাগল ৪০ সেকেন্ড আর অনির লাগল ৬০ সেকেন্ড। আমরা যদি রনি অনির চেয়ে বেশি ক্ষমতাবান যদিও তারা দুইজনেই একই উচ্চতা উঠার জন্য একই পরিমাণ কাজ করেছে। রনির ক্ষমতা বেশি কারণ সে একই কাজ দ্রুত করেছে। ক্ষমতা হচ্ছে কাজ করার বা শক্তি স্থাপান্তরের হার। কোনো বস্তু বা ব্যক্তি একক সময়ে কতটুকু কাজ করল তা দ্বারা ক্ষমতা পরিমাপ করা হয়।

$$\text{ক্ষমতা} = \frac{\text{কাজ}}{\text{সময়}}$$

কোনো ব্যক্তি বা বস্তু দ্বারা t সময়ে W পরিমাণ কাজ সম্পন্ন হলে বা শক্তি স্থাপান্তরিত হলে ক্ষমতা P হবে

$$P = \frac{W}{t} \quad (4.4)$$

ক্ষমতার দিক নেই। কাজেই ক্ষমতা একটি স্কেলার রাশি।

মাত্রা : ক্ষমতার মাত্রা $\frac{\text{কাজ}}{\text{সময়}}$ —এর মাত্রা।

$$\begin{aligned} \text{ক্ষমতা} &= \frac{\text{কাজ}}{\text{সময়}} = \frac{\text{বল} \times \text{সরণ}}{\text{সময়}} = \frac{\text{ভর} \times \text{দ্রুত} \times \text{সরণ}}{\text{সময়}} \\ &= \frac{\text{ভর} \times \text{সরণ} \times \text{সরণ}}{\text{সময়}^2 \times \text{সময়}} = \frac{\text{ভর} \times \text{সরণ}^2}{\text{সময়}^3} \end{aligned}$$

$$\therefore [P] = \frac{ML^2}{T^3} = ML^2T^{-3}$$

একক : কাজের একককে সময়ের একক দিয়ে ভাগ করে ক্ষমতার একক পাওয়া যায়। যেহেতু কাজের একক জুল (J) এবং সময়ের একক হলো সেকেন্ড (s), সুতরাং ক্ষমতার একক হবে জুল/সেকেন্ড (Joule / second)। একে ওয়াট বলা হয়। ওয়াটকে W দিয়ে প্রকাশ করা হয়।

এক সেকেন্ডে এক জুল কাজ করা বা শক্তি স্থাপান্তরের হারকে এক ওয়াট বলে।

$$1 \text{ W} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ s}} = 1 \text{ Js}^{-1}$$

প্রবাহিত পানির স্রোত থেকে যান্ত্রিক শক্তি সঞ্চয় করে তৌম্বক শক্তির সমন্বয়ে তড়িৎ উৎপাদন করা হয় বলে এ

মডেল তৈরি : পড়ন্ত পানির শক্তিকে কাজে লাগিয়ে
টার্বাইন ঘুরিয়ে একটি ডায়নামো চালিয়ে জলবিদ্যুৎ
উৎপাদন কেন্দ্রের একটি মডেল তৈরি করা।
চিত্র : (৪.৬)।



ধরনের তড়িৎের নাম জলবিদ্যুৎ। আমাদের দেশে কাপ্তাই বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্রে পানির বিতব শক্তিকে ব্যবহার করে বিদ্যুৎ উৎপাদন করা হয়।

নদী বা সমুদ্রের পানির জোয়ার-ভাটার শক্তিকে ব্যবহারের প্রচেষ্টা মানুষ বহুদিন থেকে চালিয়ে যাচ্ছে। জোয়ার-ভাটার শক্তিকে কাজে লাগিয়ে বিভিন্ন বস্ত্র চালনার ব্যাঙ্গাটি অনেকদিন আগেই উদ্ভাবিত হয়েছে।

ব্রহ্মে জোয়ার-ভাটার শক্তির সাহায্যে তড়িৎ শক্তি প্রকল্প সফলতার সাথে কাজ করছে। বর্তমানে পৃথিবীর বিভিন্ন দেশে জোয়ার-ভাটার শক্তিকে কাজে লাগিয়ে তড়িৎ উৎপাদনের চেষ্টা চলছে।

বায়ু শক্তি : পৃথিবী পৃষ্ঠের তাপমাত্রার পার্থক্যের কারণে বায়ু প্রবাহিত হয়। বায়ু প্রবাহজনিত গতিশক্তিকে আমরা যান্ত্রিক বা তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরিত করতে পারি। শক্তি রূপান্তরের এইশ কল্পকে বায়ুকল বলে। বায়ু প্রবাহকে কাজে লাগিয়ে প্রাচীনকালের মানুষেরা কুয়া থেকে পানি তোলা, জাহাজ চালানো ইত্যাদি কাজ সম্পাদন করতো। দৌকায় পাল ভূলে আজও বায়ু শক্তিকে কাজে লাগানো হয়। বর্তমানে প্রযুক্তি ব্যবহার করে বায়ুকল কাজে লাগিয়ে তড়িৎ উৎপাদন করা হচ্ছে।

ভূ-তাপীয় শক্তি : ভূ-অভ্যন্তরের তাপকে শক্তির উৎস হিসেবে ব্যবহার করা যেতে পারে। ভূ-অভ্যন্তরের গভীরে ভাগের পরিমাণ এক বেশি যে তা শীতাতপকে গলিয়ে ফেলতে পারে। এ গলিত শীতকে ম্যাগমা বলে। ভূতাত্ত্বিক পরিবর্তনের ফলে কখনো কখনো এই ম্যাগমা উপরের দিকে উঠে আসে যা ভূপৃষ্ঠের খানিক নিচে জমা হয়। এ সকল জমাষ্টা হট স্পট (Hot spot) নামে পরিচিত। ভূ-গর্ভস্থ পানি এ হট স্পটের সংস্পর্শে এসে বাষ্পে পরিণত হয়। এই বাষ্প ভূ-গর্ভে আটকা পড়ে যায়। হট স্পটের উপর গর্ত করে পাইপ ঢুকিয়ে উঠ চলে এই বাষ্পকে বের করে আনা যায় যা দিয়ে টার্বাইন ঘুরিয়ে বিদ্যুৎ উৎপাদন সম্ভব। নিউজিল্যান্ডে এ রকম বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্র আছে।

বায়োমাস শক্তি : সৌর শক্তির একটি সূত্র তত্ত্ব যা সবুজ গাছপালা দ্বারা সালোক সংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়ে বায়োমাসরূপে গাছপালা বিভিন্ন অংশে মজুদ থাকে। বায়োমাস কাজে সেই সব জৈব পদার্থকে বুঝায় বাসেরকে শক্তিতে রূপান্তরিত করা যায়। মানুষসহ অনেক প্রাণী খাদ্য হিসেবে বায়োমাস গ্রহণ করে তাকে শক্তিতে রূপান্তরিত করে জীবনের কর্মকান্ড চাল রাখে। বায়োমাসকে শক্তির একটি বহুমুখী উৎস হিসেবে বিবেচনা করা যায়। জৈব পদার্থসমূহ বাসেরকে বায়োমাস শক্তির উৎস হিসেবে ব্যবহার করা যায় সেগুলো হচ্ছে গাছ-গাছালী, ছালানি কাঠ, কাঠের বর্জ্য, শস্য, ধানের তুষ ও কুড়া, লতা-পাতা, পশু পখির মল, শৌর বর্জ্য ইত্যাদি। বায়োমাস প্রধানত কার্বন ও হাইড্রোজেন দ্বারা গঠিত। নবায়নযোগ্য শক্তির অন্যতম উৎস বায়োমাস।

বায়োমাস থেকে সহজে উৎপাদন করা যায় বায়োগ্যাস। এ গ্যাস আমরা প্রাকৃতিক গ্যাসের বিকল্প হিসেবে রান্নার কাজে এমনকি বিদ্যুৎ উৎপাদনের কাজেও ব্যবহার করতে পারি। এর উৎপাদন পদ্ধতিও বেশ সহজ। একটি আবাক্য পাত্রের মধ্যে গোবর ও পানির মিশ্রণ ১ : ২ অনুপাতে রেখে পচানো হলে বায়োগ্যাস উৎপন্ন হয়। যা নলের সাহায্যে বেরিয়ে

৪.৬ কর্মদক্ষতা

Efficiency

শক্তি হ্রাসের সহায়তায় আমরা সৈন্যসিনা জীবনের প্রয়োজন মেটাই। যেমন পেট্রোলে সঞ্চিত রাসায়নিক শক্তি গতিশক্তিতে রূপান্তরের মাধ্যমে আমরা ইঞ্জিন চালাতে পারি। শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতি অনুসারে কোনো ইঞ্জিন থেকে সেই পরিমাণ শক্তি আমাদের পাওয়া উচিত যে পরিমাণ শক্তি ইঞ্জিনে প্রদত্ত হয়। কিন্তু এটা দেখা যায়, যে পরিমাণ শক্তি ইঞ্জিনে প্রদত্ত হয় সর্বদাই তার চেয়ে কম পরিমাণ শক্তি পাওয়া যায়। এটি প্রধানত হয় এই কারণে যে, ইঞ্জিনে ঘর্ষণ বলের বিরুদ্ধে যে কাজ করতে হয় তা তাপ শক্তিরূপে অপচয় হয়। ইঞ্জিন থেকে যে পরিমাণ শক্তি পাওয়া যায় তাকে লভ্য কার্যকর শক্তি বলে। এক্ষেত্রে শক্তির সমীকরণ দাঁড়ায় :

প্রদত্ত শক্তি = লভ্য কার্যকর শক্তি + অন্যভাবে ব্যয়িত শক্তি।

কোনো যন্ত্রের কর্মদক্ষতা কালতে বুঝায়, যন্ত্রে যে পরিমাণ শক্তি প্রদান করা হয় তার কত অংশ কার্যকর শক্তি হিসেবে পাওয়া যায়। সুতরাং, কর্মদক্ষতা কালতে মোট যে কার্যকর শক্তি পাওয়া যায় এবং মোট যে শক্তি দেওয়া হয়েছে তার অনুপাতকে বুঝায়। একে সাধারণত শতকরা হিসেবে প্রকাশ করা হয়ে থাকে।

$$\text{কর্মদক্ষতা, } \eta = \frac{\text{লভ্য কার্যকর শক্তি}}{\text{মোট প্রদত্ত শক্তি}} \times 100 \% \quad (4.5)$$

একটি সাধারণ বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্রে, অনেক ধাপে শক্তির রূপান্তর ঘটে। এই রূপান্তর করণা, তেল, প্রাকৃতিক গ্যাস বা ইউরেনিয়াম থেকে শুরু করে বিদ্যুৎ শক্তি পাওয়া পর্যন্ত চলতে থাকে। দেখা গেছে শক্তির এই রূপান্তরসমূহের ক্ষেত্রে প্রদত্ত শক্তির প্রায় 70 % পর্যন্ত অপচয় হয় এবং তাপ শক্তিরূপে হারিয়ে যায়।

প্রদত্ত শক্তির কেবল 30 % শেষ পর্যন্ত ব্যবহারযোগ্য তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। সুতরাং আমরা কালতে পারি যে উৎপাদন কেন্দ্রের কর্মদক্ষতা যাত্র 30 %।

গাণিতিক উদাহরণ ৪.৫ : একটি 10 N ওজনের বস্তুকে 5 m উচ্চতায় উঠানোর জন্য একটি বৈদ্যুতিক মোটর ব্যবহার কর হগো। এটি 65 J তড়িৎ শক্তি ব্যবহার করে।

(ক) মোটর কর্তৃক অপচয়কৃত শক্তির পরিমাণ কত?

(খ) মোটরের কর্মদক্ষতা কত?

(ক) এখানে ব্যয়িত শক্তি = কৃত কাজ = বল \times সরণ = ওজন \times উচ্চতা

$$= 10 \text{ N} \times 5 \text{ m}$$

$$= 50 \text{ J}$$

সুতরাং অপচয়কৃত শক্তি = সরবরাহকৃত শক্তি – ব্যয়িত শক্তি

$$= 65 \text{ J} - 50 \text{ J}$$

$$= 15 \text{ J}$$

(খ) কর্মদক্ষতা, $\eta = \frac{\text{লভ্য কার্যকর শক্তি}}{\text{মোট প্রদত্ত শক্তি}} \times 100 \%$

$$= \frac{50 \text{ J}}{65 \text{ J}} \times 100 \%$$

$$= 76.92 \%$$

অনুলেখন- ৪.১

সিঁড়ি দিয়ে পৌঁড়ে উঠে শিক্ষার্থীর ক্ষমতা নির্ণয়।

উদ্দেশ্য : ক্ষমতা নির্ণয় এবং নিম্নের বিভিন্ন সময়ে প্রয়োগকৃত ক্ষমতার তুলনা এবং অশরের ক্ষমতার সাথে তুলনা।

যন্ত্রপাতি : থামা ঘড়ি।

কাজের ধারা :

১. একটি দালান ঠিক কর (দিনতলা থেকে ছয়তলার মধ্যে হলে ভালো হয়)। সেটি তোমার স্কুল, বাসা বা যেকোনো ভবন হতে পারে।
২. এই দালানের ছাপে উঠার সিঁড়ির সংখ্যা গণনা কর।
৩. একটি সিঁড়ির উচ্চতা স্কেলের সাহায্যে নির্ণয় করে তাকে সিঁড়ির সংখ্যা দিয়ে গুণ করে ছাপের মোট উচ্চতা নির্ণয় কর।
৪. একটি ওয়েট মেশিনের (ভজন মাশর যন্ত্র) সাহায্যে তোমার ভর নির্ণয় কর।
৫. তুমি যত জোরে পারো পৌঁড়ে ছাপের উপর উঠ।
৬. থামা ঘড়ির সাহায্যে ছাপে উঠার সময় নির্ণয় কর।
৭. এরপর তুমি আস্তে সৌড়ে, জোরে হেঁটে, স্বাভাবিকভাবে হেঁটে এবং আস্তে আস্তে হেঁটে একইভাবে ছাপে উঠার সময় নির্ণয় কর।
৮. নিম্নোক্ত ছক অনুসারে প্রতিক্ষেত্রে তোমার ক্ষমতা বের কর।

অনুলেখনের ছক

তোমার ভর, $m =$ kg

ছাপের উচ্চতা, $h =$ m

অন্তিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$

পাঠ	সৌড়ের প্রকৃতি	ছাপে উঠার সময়, t (s)	ক্ষমতা $= \frac{mgh}{t}$ (W)
1	জোরে সৌড়ে		
2	আস্তে সৌড়ে		
3	জোরে হেঁটে		
4	স্বাভাবিক ভাবে হেঁটে		
5	আস্তে হেঁটে		

৯. বিভিন্ন সময় তোমার ক্ষমতা বিভিন্ন হলো কেন, তা আলোচনা কর।
১০. একইভাবে প্রাপ্ত তোমার বন্ধুদের ক্ষমতার সাথে তোমার ক্ষমতার তুলনা কর।
১১. তোমার ক্লাশের সবচেয়ে বেশি এবং সবচেয়ে কমতা প্রয়োগকারী পাঁচজন শিক্ষার্থীর নাম লিখ।

অনুলক্ষ্য - ৪.২

ব্যয়োগ্য থেকে ব্যয়োগ্য উপপাদ্য

উদ্দেশ্য : নবায়নযোগ্য শক্তির ব্যবহার গ্রহণ

কল্পনা/উপকরণ : পোকার, চাউলের ভূষ, কাঠের গুঁড়ো, প্রস্টিক বা কাচের বড় বোতল (বা ল্যাবরেটরিতে থাকলে কনিক্যাল ফ্লাস), কর্ক, নল ইত্যাদি।

কাজের ধারা :

১. বোতলের মধ্যে পোকার, ভূষ, কাঠের গুঁড়োর মিশ্রণ এবং পানি ১ : ২ অনুপাতে দাও।
২. এবার নল লাগানো কর্ক দিয়ে বোতলের বা ফ্লাসের মুখ বন্ধ করে দাও।
৩. নলের দু'টিও কর্ক দিয়ে ভালো করে বন্ধ করে দাও।
৪. বোতল বা ফ্লাসটিকে ঘরের এক কোণে রেখে দাও।
৫. দুই এক দিন পর নলের মুখের কর্ক সরিয়ে দেখে গ্যাস বের হচ্ছে কিনা।
৬. গ্যাস বের হলে নলের মুখে জ্বলন্ত দিগাললাইয়ের কাঠি ধর।
৭. গ্যাসে আগুন জ্বলবে।

অনুশীলনী

ক. বহুনির্বাচনী প্রশ্ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) দাও

১। কাজের একক কোনটি ?

(ক) জুল

(খ) নিউটন

(গ) কেলভিন

(ঘ) ওয়াট

২। একটি বস্তুকে টান টান করলে এর মধ্যে কোন শক্তি জমা থাকে ?

(ক) গতিশক্তি

(খ) বিভব শক্তি

(গ) তাপ শক্তি

(ঘ) রাসায়নিক শক্তি

৩। m ভরের একটি বস্তুকে 20 m, 30 m, 40 m ও 50 m উপরে রাখা হলো। কোন অবস্থানে তার বিভব শক্তি সবচেয়ে বেশি ?

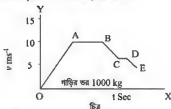
(ক) 20 m

(খ) 30 m

(গ) 40 m

(ঘ) 50 m

নিচের লেখ চিত্র অনুসারে ও ও এ সংশ্লিষ্ট উত্তর দাও।



৪। লেখ চিত্রের কোন অংশে বর্ণা সময়ের সমানুপাতে বৃদ্ধি পায় –

- (ক) OA অংশ (খ) AB অংশ
(গ) CD অংশ (ঘ) DE অংশ

৫। সংঘর্ষে গতিশক্তি কত?

- (ক) $1.25 \times 10^5 \text{ J}$ (খ) $5 \times 10^4 \text{ J}$
(গ) $1.25 \times 10^4 \text{ J}$ (ঘ) $6.2 \times 10^3 \text{ J}$

৬। শক্তির সঞ্চারশীলতা নীতি থেকে পাওয়া যায় –

- (i) শক্তির সৃষ্টি ও বিনাশ নাই, মহাবিশ্বের মোট শক্তি নির্দিষ্ট ও অপরিবর্তনীয়।
(ii) অনবয়নযোগ্য শক্তি হ্রত বিশেষ হয়ে বাবে, তাই নবায়নযোগ্য শক্তি ব্যবহার করতে হবে।
(iii) শক্তিকে রক্ষা করতে এর কার্যকর ব্যবহার এবং নিশ্চেষ্ট দল কমানো জরুরি।

নিচের কোনটি সঠিক

- (ক) i (খ) ii
(গ) iii (ঘ) i, ii ও iii

৭. সূক্ষ্মদর্শন যন্ত্র

১। 40 kg ভরের একটি বালক এবং 60 kg ভরের একজন যুবক একটি ভবনের নিয়তলা থেকে এক সাথে পৌঁছ শূন্য করে ঠোঁড়ে একই সময়ে হাঙ্গের একই আরণ্য পৌঁছালেন। ঠোঁড়ের সময় উভয়ের বেগ ছিল 30 m/min।

- (ক) কয়টা কি?
(খ) 50 J কাল বলতে কী বুঝে?
(গ) যুবকের গতিশক্তি নির্ণয় কর
(ঘ) হাঙ্গের ঠোঁড়ের ক্ষেত্রে দুইজনের ক্ষমতা সমান ছিল কিনা পানিতিক বৃত্তিসহ যাচাই কর।

৭. সাধারণ প্রশ্ন

- ১। একটি সেরাপলাইয়ের কাঠি সেরাপলাই বয়ে 5 N বলে ঘরা হলো। কাঠিটিকে 5 cm টানা হলো।
 - (ক) কাঠি ঘরাতে কত শক্তি ব্যয় হলো ?
 - (খ) কাঠি টানতে যদি 0.5 s সময় লাগে তাহলে কত ক্ষমতা লাগল ?
- ২। একটি জলবিদ্যুৎ প্রকল্পের রিজার্ভার সমুদ্র সমতল থেকে 800 m উঁচুতে এবং পাওয়ার স্টেশনটি 250 m উঁচুতে অবস্থিত। রিজার্ভারের পানি পাইপের মাধ্যমে এসে পাওয়ার স্টেশনের টার্বাইন ঘুরায়। রিজার্ভারে 2×10^8 লিটার পানি আছে। যদি 1 লিটার পানির ভর 1 kg হয়, তবে রিজার্ভারের পানিতে কত বিভব শক্তি সঞ্চিত আছে।
- ৩। 40 kg ভরের এক বালক সিঁড়ি দিয়ে 12 s -এ ছাদে উঠে। সিঁড়িতে ধাপের সংখ্যা 20 টি এবং প্রতিটি ধাপের উচ্চতা 20 cm ।
 - (ক) ঐ বালকের গুজন কত ?
 - (খ) বালকটি যেট কত উচ্চতায় আরোহণ করেছিল ?
 - (গ) ছাদে উঠতে সে কত কাজ করল ?
 - (ঘ) সিঁড়ি দিয়ে দৌড়ে উঠতে সে কত ক্ষমতা কাজে লাগাল ?
- ৪। যে সকল পাওয়ার স্টেশন জীবাশ্ম জ্বালানি ব্যবহার করে তাদের ক্ষেত্রে নিউক্লীয় শক্তি উৎপাদনের একটি মস্তবড় সুবিধা হচ্ছে যে, এতে গ্রিনহাউস গ্যাস উৎপন্ন হয় না।
 - (ক) নিউক্লীয় শক্তি ব্যবহারে অন্যান্য সুবিধাসমূহো কী কী ?
 - (খ) নিউক্লীয় শক্তি ব্যবহারে অসুবিধাসমূহো কী কী ?

পঞ্চম অধ্যায়

পদার্থের অবস্থা ও চাপ

PRESSURE AND STATES OF MATTER



আমরা পদার্থের তিনটি অবস্থার কথা জানি—কঠিন, তরল ও বায়বীয়। পদার্থের আরও একটি অবস্থা আছে যার নাম প্লাজমা। তরল ও বায়বীয় পদার্থ সহজে প্রবাহিত হতে পারে বলে এদেরকে প্রবাহী বলে। প্রবাহী চাপ প্রদান করে। প্রবাহীর চাপকে কাজে লাগিয়ে অনেক কাজ সহজে করা যায়। পদার্থের একটি বিশেষ ধর্ম হলো স্থিতিস্থাপকতা। বর্তমান অধ্যায়ে আমরা এ সব বিষয় নিয়ে আলোচনা করব।

এই অধ্যায় পাঠ শেষে আমরা—

১. ক ও ক্ষেত্রফলের পরিবর্তনের সাথে চাপের পরিবর্তন ব্যাখ্যা করতে পারব।
২. স্থির তরলের মধ্যে কোনো বিন্দুতে চাপের রাশিদ্বারা পরিমাপ করতে পারব।
৩. তরলে নিমজ্জিত বস্তুটির উপর দৃষ্ট চাপের অনুভূতি ব্যাখ্যা করতে পারব।
৪. গ্যাসকণার সূত্র ব্যাখ্যা করতে পারব।
৫. গ্যাসকণার সূত্রের ব্যবহারিক দৃষ্টান্ত প্রদর্শন করতে পারব।
৬. আর্কেমিডিসের সূত্র ব্যাখ্যা করতে পারব।
৭. ঘনত্ব ব্যাখ্যা করতে পারব।
৮. সৈনসিন জীকনে ঘনত্বের ব্যবহার ব্যাখ্যা করতে পারব।
৯. কতক কল পানিতে ভাসে তা ব্যাখ্যা করতে পারব।
১০. কল্যাপেসে নৌ গাথে দুইটনার কারণ বিশ্লেষণ করতে পারব।
১১. বায়ুমণ্ডলের চাপ ব্যাখ্যা করতে পারব।
১২. তরল স্তরের উচ্চতা ব্যবহার করে বায়ুমণ্ডলীয় চাপ পরিমাপ করতে পারব।
১৩. উচ্চতা বৃদ্ধির সাথে বায়ুমণ্ডলের চাপের পরিবর্তন বিশ্লেষণ করতে পারব।
১৪. আবহাওয়ার উপর বায়ুমণ্ডলীয় চাপের পরিবর্তন বিশ্লেষণ করতে পারব।
১৫. পৃষ্ঠ ও বিকৃতি ব্যাখ্যা করতে পারব।
১৬. ত্বকের সূত্র ব্যাখ্যা করতে পারব।
১৭. পদার্থের আণবিক গতিতত্ত্ব ব্যাখ্যা করতে পারব।
১৮. পদার্থের প্লাজমা অবস্থা ব্যাখ্যা করতে পারব।

৫.১ চাপ ও ক্ষেত্রফল

Pressure and Area

যদিহিস জুতা পরে কেউ নরম মাটির উপর দিয়ে হটলে জুতা মাটির মধ্যে ঢুকে যায়। আবার যদি কেউ চ্যাপটা জলপরাশা জুতা পরেন তবে তা মাটিতে ঢুকে না। চাপের তারতম্যের কারণে যে এটা হয় তা আমরা দেখব।



চিত্র: ৫.১

কোনো বস্তুটির প্রতি একক ক্ষেত্রফলের উপর লম্বভাবে প্রযুক্ত ক্রিকে চাপ বলে। ধরা যাক A ক্ষেত্রফলের উপর স্খিয়াকৃত লম্বভাবে প্রযুক্ত বল F

$$\text{তাহলে চাপ, } p = \frac{F}{A} \quad \text{অর্থাৎ, চাপ} = \frac{\text{বল}}{\text{ক্ষেত্রফল}} \quad (5.1)$$

লক্ষ্যীয় যে, একই বলের ক্ষেত্রে ক্ষেত্রফল A যত কম হয়, চাপ p তত বেশি হয় এবং একই ক্ষেত্রফলের ক্ষেত্রে বল F যত বেশি হয়, চাপ p তত বেশি হয়।

উদাহরণ

১. একটি পেরেকের সূতাখোঁ মূখের ক্ষেত্রফল খুব কম। তাই খটে জাতীয় কোনো ভরের উপর সূতাখোঁ মুখটি রেখে পেরেকের চতুর্ভা মাঝার আঘাত করলে সূতাখোঁ মাঝার কারণে কার্টের ভরের উপর অপেক্ষাকৃত বেশি চাপ পড়ে, ফলে পেরেকটি সহজেই কন্স্ক্রিটের মধ্যে ঢুকে যায়।
২. ছুরির ধারালো প্রান্তের ক্ষেত্রফল খুব কম। তাই কোনো বস্তুর উপর ধারালো প্রান্তটিকে ধরে বল প্রয়োগ করলে ছুরির প্রান্ত আবার বস্তুর উপর বেশি চাপ পড়ে। ফলে কন্স্ক্রিট সহজেই কাটা যায়।

নিম্নে কর : একটি ভীড় ধারালো আলপিন এবং একটি জোতা আলপিন দিয়ে কাল্পনিক দ্বিত্ব কর। কোনটি দিয়ে দ্বিত্ব করা সহজ? ব্যাখ্যা কর।

ভীড় ধারালো আলপিনের চতুর্ভা মাঝার বল দিলে সড়ু মাঝার দ্বারা বেশি চাপ প্রয়োগ করা যায়।

জোতা আলপিনের চতুর্ভা মাঝার বল দিলে জোতা মাঝার দ্বারা তত বেশি চাপ প্রয়োগ করা যায় না। ফলে ধারালো আলপিন দিয়ে কাল্পনিক দ্বিত্ব করা সহজ।

যতাই কর : সমান ইটের রান্ডায় খালি পায়ে ইটা আর ইটের খোঁয়ার উপর দিয়ে ইটা। কোনটি কঠিনতম? ব্যাখ্যা কর।

চাপের একক

বলের একককে ক্ষেত্রফলের একক দিয়ে ভাগ করলে চাপের একক পাওয়া যায়। অতএব চাপের একক N m^{-2} । একে প্যাসকেল (Pa) বলে।

$$\therefore 1 \text{ Pa} = 1 \text{ N m}^{-2}.$$

প্রতি 1 m^2 ক্ষেত্রফলের উপর 1 N বল লম্বভাবে প্রিয়া করলে যে চাপ হয় তাকে 1 Pa বলে।

গাণিতিক উদাহরণ ৫.১ : ছুতা গায়ে মাটিতে দাঁড়িয়ে থাকা একজন মহিলার ভর 50 kg । তার জুতার তলার ক্ষেত্রফল 200 cm^2 হলে মাটিতে জুতার চাপ বের কর।

আমরা জানি

$$\begin{aligned} \text{চাপ, } p &= \frac{F}{A} = \frac{W}{A} \\ &= \frac{490 \text{ N}}{200 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 2.45 \times 10^4 \text{ Pa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{দেওয়া আছে, ভর, } m &= 50 \text{ kg} \\ \text{বল, } F = W &= mg = 50 \text{ kg} \times 9.8 \text{ ms}^{-2} \\ &= 490 \text{ N} \\ \text{জুতার তলার ক্ষেত্রফল, } A &= 200 \text{ cm}^2 \\ &= 200 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

৫.২ শিখর তরলের মধ্যে কোনো বিন্দুতে চাপ

Pressure at a point in a liquid at equilibrium

তরল পদার্থের ভিতরে কোনো বিন্দুতে চাপ বলতে ঠিক ঐ বিন্দুর চারদিকে প্রতি একক ক্ষেত্রফলের উপর লম্বভাবে অনুভূত বলকে বুঝায়। ৫.২ নং চিত্রে একটি পাত্রে কিছু পরিমাণ তরল পদার্থ আছে।

তরলের অভ্যন্তরে h গভীরতায় B বিন্দুতে চাপ নির্ণয় করতে হবে। B বিন্দুতে তরলের চাপ নির্ণয়ের জন্য B বিন্দুকে জুমির উপর একটি বিন্দু ধরে h উচ্চতার একটি তরলস্তম্ভ সিলিন্ডার কল্পনা করা যাক।

ধরা যাক, সিলিন্ডারের জুমি তথা তরলের ক্ষেত্রফল = A

$$\text{তরলের ঘনত্ব} = \rho$$

$$\text{তরলের মুক্ততল থেকে } B \text{ বিন্দুর গভীরতা} = h$$

$$\text{অতিকর্ষজ ত্বরণ} = g$$

$$\text{আমরা জানি, চাপ} = \frac{\text{বল}}{\text{ক্ষেত্রফল}}$$

এখানে A ক্ষেত্রফলের উপর প্রযুক্ত বল = তরলের ভরজন

$$= \text{তরলের ভর} \times g$$

$$= \text{তরলের আয়তন} \times \text{ঘনত্ব} \times g$$

$$= \text{তরলের ক্ষেত্রফল} \times \text{তরলের গভীরতা} \times \text{ঘনত্ব} \times g$$

$$= Ahpg$$

$$\therefore \text{চাপ, } p = \frac{Ahpg}{A}$$

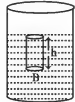
$$\text{বা চাপ, } p = hpg$$

(5.2)

আবার যেহেতু g গ্রহক তাই, $p \propto hp$

অর্থাৎ শিখর তরলের অভ্যন্তরে কোনো বিন্দুতে চাপ ঐ বিন্দুর গভীরতা ও ঘনত্বের

সমানুপাতিক। সুতরাং তরলের গভীরতা বাড়লে চাপ বাড়ে এবং ঘনত্ব বাড়লে চাপ বাড়ে। গভীরতা বাড়লে চাপ বাড়ে বিধায় চিত্রে বেশি গভীরতার ছিদ্র থেকে নির্গত তরলের কোণ বেশি (চিত্র ৫.৩)।



চিত্র ৫.২



চিত্র ৫.৩

পাণ্ডিতিক উদাহরণ ৫.২ : একটি পাত্রে কেরোসিন আছে। কেরোসিনের উপরিতল থেকে 75 cm গভীরে কোনো বিন্দুতে চাপের মান নির্ণয় কর। কেরোসিনের ঘনত্ব 800 kg m^{-3} ।

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} p &= h\rho g \\ &= 0.75 \text{ m} \times 800 \text{ kg m}^{-3} \times 9.8 \text{ ms}^{-2} = 5880 \text{ Pa} \\ \therefore 5880 \text{ Pa} \end{aligned}$$

মেওয়া আছে*

তরলের গভীরতা,

$$h = 75 \text{ cm} = 0.75 \text{ m}$$

তরলের ঘনত্ব, $\rho = 800 \text{ kg m}^{-3}$

চাপ $p = ?$

৫.৩ প্রবর্তা

Buoyancy

যে পদার্থ প্রবাহিত হয় বা হতে পারে তাকে প্রবাহী (fluid) বলে। তরল ও বায়বীয় এ দুই প্রকার পদার্থ প্রবাহীর অন্তর্ভুক্ত।

প্রবাহীর চাপ: কোনো তলে শির অবস্থায় থেকে প্রবাহী তার প্রতি একক ক্ষেত্রফলে লম্বভাবে যে বল প্রয়োগ করে তার মানকে প্রবাহীর চাপ বলে। যদি একটি তলের ক্ষেত্রফল A এবং প্রবাহী কর্তৃক লম্বভাবে প্রদত্ত বল F হয় তাহলে চাপ,

$$P = \frac{F}{A}$$

প্রবর্তা : পানিগুর্ণ একটি বলসিক পানির মধ্যে সরানো যত সহজ, পানিতে না রেখে সরানো তত সহজ নয়। পানির মধ্যে ডুবন্ত অবস্থায় বলসিটি বেশ হালকা মনে হয় কারণ বলসির উপর একটি উর্ধ্বমুখী বল কাজ করে।

তরল বা বায়বীয় পদার্থে আংশিক বা সম্পূর্ণভাবে নিমজ্জিত কোনো বস্তুর উপর তরল বা বায়বীয় পদার্থ লম্বভাবে যে উর্ধ্বমুখী লম্বি বল প্রয়োগ করে তাকে প্রবর্তা বলে। প্রবর্তার মান বস্তুর নিমজ্জিত অংশ কর্তৃক অপসারিত তরল বা বায়বীয় পদার্থের ওজনের সমান হয়।

প্রবর্তার মান

তরলের মধ্যে কোনো কঠিন বস্তুকে নিমজ্জিত করলে বস্তুর প্রতি বিন্দুতে সর্বমুখী চাপ অনুভূত হবে। ধরা যাক A প্রস্থচ্ছেদের এবং h উচ্চতার একটি সিলিন্ডার $PQRS$ । এটা ρ ঘনত্বের প্রবাহীতে সম্পূর্ণ নিমজ্জিত আছে (চিত্র : ৫.৪)। তরলের মুক্ত তল থেকে সিলিন্ডারের উপরের এবং নিচের পৃষ্ঠের গভীরতা যথাক্রমে h_1 ও h_2

$$\text{সুতরাং } h = h_2 - h_1$$

সিলিন্ডারের উপরি পৃষ্ঠ PQ -এ তরল কর্তৃক নিম্নমুখী বল, $F_1 = Ah_1\rho g$

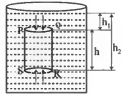
সিলিন্ডারটির নিম্ন পৃষ্ঠ SR -এ তরল কর্তৃক উর্ধ্বমুখী বল, $F_2 = Ah_2\rho g$

সিলিন্ডারের বক্রপৃষ্ঠে তরল কর্তৃক প্রদত্ত পার্শ্বচাপজনিত বল পরস্পর সমান ও বিপরীতমুখী বিধায় নাকচ হয়ে যায়।

সুতরাং উর্ধ্বমুখী লম্বি বল বা প্রবর্তা -

$$\begin{aligned} &= F_2 - F_1 \\ &= Ah_2\rho g - Ah_1\rho g \\ &= A(h_2 - h_1)\rho g \\ &= Ah\rho g \\ &= (hA)\rho g \\ &= V\rho g, [V = hA = \text{সিলিন্ডারের আয়তন}] \\ &= \text{বস্তু কর্তৃক অপসারিত প্রবাহীর ওজন।} \end{aligned}$$

সুতরাং নিমজ্জিত বস্তুর উপর ক্রিয়ায়িত উর্ধ্বমুখী বল বা প্রবর্তা বস্তু কর্তৃক অপসারিত প্রবাহীর ওজনের সমান। এই উর্ধ্বমুখী বলের জন্যই তরলে নিমজ্জিত বস্তু ওজন হারায় বলে মনে হয়।



চিত্র : ৫.৪

৫.৪ প্যাসকেলের সূত্র

Pascal's Law

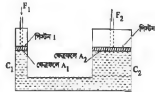
কোনো আবদ্ধ তরল বা বায়বীয় পদার্থের কোনো অংশে চাপ প্রয়োগ করলে সেই চাপ সর্বদিকে সমভাবে ছড়ায়। প্যাসকেল চাপের এ সঙ্গলন সম্পর্কে নিম্নোক্ত সূত্র প্রদান করেন—

আবদ্ধ পাত্র তরল বা বায়বীয় পদার্থের কোনো অংশের উপর বাইরে থেকে চাপ প্রয়োগ করলে সেই চাপ কিছু দূর না কমে তরল বা বায়বীয় পদার্থের সর্বদিকে সমভাবে ছড়ায় এবং তরল বা বায়বীয় পদার্থের সর্বত্র প্রবাহের গতি সমভাবে প্রিনাকরে।

প্যাসকেলের সূত্রের ব্যবহারিক প্রিন্সিপাল: বলবৃদ্ধিকরণ

আবদ্ধ তরল পদার্থের ক্ষুদ্রতম অংশের উপর পিস্টন দ্বারা কোনো বল প্রয়োগ করলে এর বৃহত্তম পিস্টনে সেই বলের বহুগুণ বেশি বল প্রস্তুত হতে পারে। একে বল বৃদ্ধিকরণ নীতি বলে।

ধরা যাক, C_1 ও C_2 দুইটি সিলিন্ডার (চিত্র ৫.৫)। এদের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল যথাক্রমে A_1 ও A_2 । সিলিন্ডার দুইটি একটি নল দ্বারা সংযুক্ত এবং প্রত্যেক সিলিন্ডারে একটি করে পিস্টন নিম্নোক্তভাবে লাগানো আছে। এখন সিলিন্ডার দুইটি বেকোনো তরল পদার্থে পূর্ণ করে যদি ছোট পিস্টনে F_1 বল প্রয়োগ করা হয় তাহলে ঐ পিস্টনে অনুভূত চাপের মান $\frac{F_1}{A_1}$ । প্যাসকেলের



চিত্র: ৫.৫

সূত্রানুসারে এ চাপ তরল পদার্থ দ্বারা সর্বদিকে সমভাবে ছড়ায়। সুতরাং বড় পিস্টনে প্রযুক্ত উর্ধ্বচাপ $\frac{F_1}{A_1}$ হবে। এ

চাপের জন্য বড় পিস্টনে অনুভূত উর্ধ্বমুখী বল হবে, চাপ \times ক্ষেত্রফল বা $\frac{F_1}{A_1} \times A_2$ এর সমান। সুতরাং বড় পিস্টনে অনুভূত উর্ধ্বমুখী বল F_2 হবে,

$$F_2 = \frac{F_1}{A_1} \times A_2$$

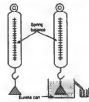
$$\therefore \frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1} \quad (5.3)$$

কাজেই বড় পিস্টনের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বড় বেশি হবে বলও তত বেশি অনুভূত হবে। ছোট পিস্টনের চেয়ে বড় পিস্টন যদি 100 গুণ বড় হয় তাহলে ছোট পিস্টনে 1 নিউটন বল প্রয়োগ করলে বড় পিস্টনে 100 নিউটন উর্ধ্বমুখী বল অনুভূত হবে।

৫.৫ আর্কিমিডিসের সূত্র

Archimedes' Law

আমাদের প্রত্যহিক জীবনের অভিজ্ঞতা থেকে দেখতে পাই, বেকোনো বস্তু কতটুকু পানিতে ডুবলে হালকা বলে মনে হয়। এর কারণ ডুবন্ত বস্তুর উপর একটি উর্ধ্বমুখী বল বা প্রবল কাজ করে। খ্রিস্টপূর্ব তৃতীয় শতাব্দীতে গ্রিক দার্শনিক আর্কিমিডিস আবিষ্কার করেন যে, কোনো বস্তুকে স্থির তরল অথবা বায়বীয় পদার্থে আনিলে বা সম্পূর্ণ ডুবলে বস্তুটি কিছু ওজন হারায় বলে মনে হয়। এই ঘটনাকে ওজন বস্তুটির দ্বারা অপসারিত তরল বা বায়বীয় পদার্থের ওজনের সমান।



চিত্র: ৫.৬

পরীক্ষণ : একটি কসতু নাও যার ভজন জানা। এবার কসতুটিকে একটি হালকা সূতোয় বেঁধে কানায় কানায় পানি তর্জিত বড় বিকারের মধ্যে ডুবাত। এর ফলে কিছু পানি উপচে পড়বে। পানিতে নিমজ্জিত অবস্থায় কসতুটির ওজন নাও। জানা ভজন থেকে এই ভজন বিয়োগ করে আপাত ভজন ত্র্যাস বের কর। এবার উপচে পড়া পানির ওজন বের কর। দেখা যাবে কসতুর ওজনের আপাত ত্র্যাসের পরিমাণ অপসারিত তরলের ওজনের সমান। এভাবে আমরা আর্কিমিডিসের নীতির একটা সহজ প্রমাণ পেতে পারি।

হিসাব কর : একটি আয়তাকার ব্লকের তলসেপের ক্ষেত্রফল 25 cm^2 , একে পানির মধ্যে ডুবানো হলো। পানির ঘনত্ব 1000 kg m^{-3} । পানির উপরিতল থেকে ব্লকের উপরের পৃষ্ঠের গভীরতা $= 5 \text{ cm}$, ব্লকের উচ্চতা 2 cm । হলে
 ১। ব্লকের উপরিতলে পানির চাপ P_1 বের কর
 ২। ব্লকের তলসেপে পানির চাপ P_2 বের কর
 ৩। ব্লকের উপরিতলে পানি কী পরিমাণ বল প্রয়োগ করবে?
 ৪। ব্লকের নিম্নতলে পানি কী পরিমাণ বল প্রয়োগ করবে? ফলাফলে তোমার মন্তব্য লিখ।

৫.৬ ঘনত্ব

Density

কোনো কস্তু যে ভাষণা জুড়ে থাকে তাকে এর আয়তন বলে। সমান আয়তনের এক টুকরা কঁক আর এক টুকরা লোহা কি সমান ভারী? আসলে আয়তন সমান হলেও যার ঘনত্ব বেশি সেটি ভারী আর যার ঘনত্ব কম সেটি হালকা। মেনো কসতুর একক আয়তনের ভরকে তার উপাদানের ঘনত্ব বলে। ঘনত্ব পদার্থের একটি সাধারণ ধর্ম। ঘনত্ব কসতুর উপাদান ও তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল।

ঘনত্বকে ρ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। m ভরের কোনো কসতুর আয়তন V হলে, ঘনত্ব ρ হবে

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{\text{কসতুর ভর}}{\text{কসতুর আয়তন}} \quad (5.4)$$

ঘনত্বের একক kg m^{-3}

কাজ : দুটি বোতল নাও হাঙ্গের আয়তন সমান। একটি বোতল পানি দ্বারা ভর এবং একটি মধু দ্বারা পূর্ণ কর। হাত দিয়ে উঠাও। কোনটি ভারী মনে হচ্ছে?

মধু তর্জিত বোতলটি বেশি ভারী মনে হবে কারণ মধুর ঘনত্ব বেশি।

কয়েকটি পদার্থ ও তাদের ঘনত্ব :

পদার্থ	ঘনত্ব (kg m^{-3})	পদার্থ	ঘনত্ব (kg m^{-3})
বায়ু	1.29	পানি (4°C)	1000
কঁক	250	লোহা	7800
পারদ	13600	হুণা	10500
বরফ	920	সোনা	19300

মেনসিন খীবনে ঘনত্বের ব্যবধান:

বিভিন্ন অন্তরীনের উদ্যোগনীতে কেন্দ্র উভাচো হয়। এই কেন্দ্রের মধ্যে হাইড্রোজেন গ্যাস থাকে। হাইড্রোজেন গ্যাসের ঘনত্ব বায়ুর ঘনত্বের চেয়ে বেশ কম। তাই এই গ্যাসভর্তি ফালকা কেন্দ্র সহজে উপরের দিকে উঠে যায়। বিদ্যুৎ চলে গেলে আমরা মনেকেই আই.পি.এস ব্যবহার করে থাকি। এতে বড় ব্যাটারি থাকে। পড়িতে বা মাইকেও অনুদ্বন্দ্ব ব্যাটারি থাকে বাসেরকে সম্বলী কোন বস। এই সকল কোষে ব্যবহৃত স্যাক্রিফিক্যাল এলিমেন্টের ঘনত্ব $1.5 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ থেকে $1.3 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ । হাইড্রোফিটার গিরে মাঝে মাঝে ঘনত্ব বেশে দেখতে হয়। ঘনত্ব বেশি হলে কেবলটা নষ্ট হয়ে যায়। এ জন্য মাঝে মধ্যে প্রয়োজনীয় পানি গিরে ঘনত্ব ঠিক রাখতে হয়।

ভালো ডিম পানিতে ছুবে বায় কিন্তু খটা ডিম পানিতে ভাসে। খটা ডিমের ঘনত্ব পানির চেয়ে কম বলে তা ভাসে।

পানির ঘনত্ব $\rho = 1000 \text{ kg m}^{-3}$ । আমরা ভাসে ভরসের ভর 2000 kg হলে ভরসের ঘনত্ব কত?

আমরা জানি,

$$\text{ঘনত্ব, } \rho = \frac{\text{ভর}}{\text{আয়তন}} = \frac{m}{V}$$

$$= \frac{2000 \text{ kg}}{2 \text{ m}^3} = 1000 \text{ kg m}^{-3}$$

সেওয়া মানে

$$\begin{aligned} \text{ভর, } m &= 2000 \text{ kg} \\ \text{আয়তন, } V &= 2 \text{ m}^3 \\ \text{ঘনত্ব, } \rho &= ? \end{aligned}$$

৫.৭ বস্তু ভাসন ও নিমজ্জন

Floatation and immersion of a body

পানির ভাসে কোনো বস্তুকে ছেড়ে গিলে বস্তুটির উপর একই সফল দুইটি বল প্রিয়া করে—

১. বস্তু ভাসন F_1 বাড়া নিম্নের দিকে প্রিয়া করে
২. নিমজ্জন বস্তু উপর ভাসনের প্রবল F_2 উপলব্ধি উপরের দিকে প্রিয়া করে।

বস্তু ভাসন ও নিমজ্জনের ক্ষেত্রে তিনটি অবস্থার সৃষ্টি হতে পারে—

- ক) যদি $F_1 > F_2$ হয়, অর্থাৎ বস্তু ভাসন যদি বস্তু কঠক অপসারিত ভরসের ভাসন অপেক্ষা বেশি হয় তাহলে বস্তু ভাসে ছুবে থাকে। বস্তুটি নিম্নেই হলে একে বস্তু ভাসন ভরসের ঘনত্বের চেয়ে বেশি হয়।
- খ) যদি $F_1 = F_2$ হয়, অর্থাৎ বস্তু ভাসন যদি বস্তু কঠক অপসারিত ভরসের ভাসনের সমান হয় তাহলে বস্তুটি ভাসে সম্পূর্ণ নিমজ্জন অবস্থায় ভাসবে। বস্তুটি নিম্নেই হলে একে বস্তু ভাসন ভরসের ঘনত্বের সমান।
- গ) যদি $F_1 < F_2$ হয়, অর্থাৎ বস্তু ভাসন যদি বস্তু কঠক অপসারিত ভরসের ভাসনের চেয়ে কম হয় তাহলে বস্তুটি ভাসে আংশিক নিমজ্জন অবস্থায় ভাসে। বস্তুটি নিম্নেই হলে একে বস্তু ভাসন ভরসের ঘনত্বের চেয়ে কম।



চিত্র ৫.৭



চিত্র ৫.৮

আমরা পিডাই মৃত সাগরের (Dead Sea) নাম শুনিয়ে। এটা অর্থাৎ অবস্থিত। মৃত ও অন্যান্য সম্পূর্ণ নিমজ্জন প্রকার জন্য এই সাগরের পানির ঘনত্ব এত বেশি যে মানুষ সেখানে ছুবে না।

৫.৮ বাতাসে নৌগে দৃষ্টিনার কারণ

আমাদের দেশে প্রায়ই নৌ-দৃষ্টিনা ঘটে। একটা নৌবাল যখন তৈরি করা হয় তখন তার আকৃতি ও আকার এমন হয় যে পানিতে ভাসালে ছুবন্ত অবস্থায় কতক অংশগত পানির তলন নৌবালের তলনের সমান। এখন যত যাত্রী উঠবে তত নৌবালটি ভারী হবে এবং পানির মধ্যে ডুবতে থাকবে। ধারণা ক্রমভাৱে বেশি যাত্রী উঠলে সেটা ছুবে যাবে। যেহেতু নদীতে প্রোত থাকে, সেট থাকে তাই ধারণাক্রমভাৱে চেয়ে আর কিছু কম যাত্রী গিয়ে বা আশ্রয়ভাৱে সতর্ক সহকৃত অনুসরণ করে সতর্ককতার সাথে নৌবাল চালানো উচিত। নৌবালের ত্রুটিপূর্ণ নঙ্গর অন্যতম অনেকময় তরকেষু পরিবর্তিত হয়ে দৃষ্টিনা ঘটায়। কখনো অতিরিক্ত যাত্রী হয়ে নৌবালে উঠা ঠিক নয়।

৫.৯ বায়ুমন্ডলের চাপ

Atmospheric pressure

এই পৃথিবী বায়ুমন্ডল দ্বারা পরিব্যস্ত। বায়ুমন্ডলের তলন আছে। তাই বায়ুমন্ডলের চাপ আছে। পৃথিবী পৃষ্ঠে এই চাপ প্রতি বর্গমিটারে প্রায় 10^5 N । এককল পূর্ববঙ্গক মানুষের দেহের ক্ষেত্রফল 1.5 m^2 ধরলে বায়ুমন্ডল তার দেহের উপর $1.5 \times 10^5 \text{ N}$ ক প্রয়োগ করে। তবে মানুষের শরীরের ভিতরে রক্তের চাপ বাইরের এই চাপ অপেক্ষা সামান্য বেশি বলে মানুষ সাধারণত বায়ুর এই চাপ অনুভব করে না।

বায়ুমন্ডল তার তলনের জন্য স্থপৃষ্ঠে প্রতি একক ক্ষেত্রফলে সমভাবে যে পরিমাণ বল প্রয়োগ করে তাকে ঐ স্থানের বায়ুমন্ডলীয় চাপ বলে।

টরিসেলির পরীক্ষা ও বায়ুমন্ডলীয় চাপের পরিমাপ

প্রায় এক মিটার লম্বা, একমুখ খোলা এবং সুবদ ব্যাসদ্বারা পূর্ণ কাঁচের নল লাগে। নলটি নিশুন্খ পরদ দ্বারা পূর্ণ করে কাঁচনলের খোলামুখ বাতুল দিয়ে আটকিয়ে নলটিকে উল্টা করে একটি পরদপূর্ণ পাত্রে রাখলে দু'বাও চিত্র ৫.৯। এবার বাতুল সরিয়ে নলকে বাতুল করে রাখার ব্যবস্থা করলে দেখা যাবে পরদ কিছুদূর নেমে এসে স্থির হয়ে পড়িয়ে আছে। আশ্চর্যসৃষ্টিতে মনে হবে যে নলের ভিতরের পরদসত্ত্ব আপনা-আপনি পড়িয়ে আছে, কিন্তু সত্যতবে তা নয়। বায়ুমন্ডলীয় চাপের নতুন প্রুণ হচ্ছে। পাত্রে পরদের উপর বায়ুমন্ডল সর্বদা চাপ দিচ্ছে। এই চাপ পরদের মধ্য দিয়ে নলকলিত হয়ে নলের ভিতরে উর্ধ্বমুখে ক্রিয়া করে। এই চাপই নলের ভিতরে পরদসত্ত্বকে ধরে রাখে। এই চাপ না থাকলে অতিকর্ষের জন্য নলের ভিতরের পরদ নিচে নেমে আসত। সুতরাং বায়ুমন্ডলীয় চাপ = নলের পরদসত্ত্বের চাপ। সাধারণ ক্ষেত্রে নলের ভিতর যে পরদসত্ত্ব থাকবে তার উচ্চতা প্রায় ৭৬ cm অর্থাৎ বায়ুমন্ডলের চাপ ৭৬ cm উঁচু পরদসত্ত্বকে ধরে রাখতে সক্ষম। এভাবে তরল সত্ত্বের উচ্চতা ব্যবহার করে বায়ুমন্ডলীয় চাপের পরিমাপ করা যায়।



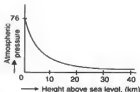
চিত্র ৫.৯

কাঁচনলে যে পরদসত্ত্ব পড়িয়ে থাকে তার উপর নলের বাক্য প্রস্তুত পর্যন্ত স্থান শূন্য। এই শূন্য স্থানকে টরিসেলির শূন্যস্থান বলে। এখানে সামান্য পরদ বাপ থাকে। বায়ুর চাপ পরিমাপ করার যন্ত্রকে ব্যারোমিটার বলে।

৫.১০ উচ্চতা ও বায়ুমণ্ডলীয় চাপ

Altitude and atmospheric pressure

বায়ুমণ্ডলীয় চাপ নির্ভর করে বায়ুমণ্ডলের উচ্চতা এবং বায়ুর ঘনত্বের উপর। ভূপৃষ্ঠে অর্থাৎ সমুদ্র সমতলে বায়ুর সাধারণ চাপ হলো ৭৬ cm পরদস্তরের চাপের সমান। ভূপৃষ্ঠের সমুদ্র সমতল থেকে বত উপরে উঠা যায় তত বায়ুমণ্ডলের ওজন এবং ঘনত্ব উভয়ই হ্রাস পায়। এজন্য উচ্চতা বৃদ্ধির সাথে সাথে বায়ুমণ্ডলীয় চাপ কম হয়। এভারেস্ট পর্বতশৃঙ্গের উপরে বায়ুমণ্ডলীয় চাপ সমুদ্র সমতলের চাপের প্রায় ৩০%। সেজন্য বেশি উচ্চতার উঠলে শ্বাস-প্রশ্বাস নেওয়া কষ্টকর হয়। আবার বেশি উচ্চতায় বায়ুমণ্ডলীয় চাপের চেয়ে বায়ুবেগ রক্তচাপ বেশি থাকে বলে বাক দিয়ে রক্ত পড়তে পারে। আকাশে বিমান যখন বেশি উচ্চতায় বিড়চাপ অক্ষম দিয়ে উড়ে যায় তখন এর অভ্যন্তরে যাত্রীদের সুবিধার্থে স্বাভাবিক চাপ বজায় রাখার ব্যবস্থা করা হয়। ভূপৃষ্ঠ থেকে বত উপরে উঠা যায় তত বায়ুমণ্ডলীতে চাপ কম। উচ্চতার সাথে বায়ুমণ্ডলীয় চাপের পরিবর্তন লেখচিত্রে দেখানো হলো (চিত্র ৫.১০)।



চিত্র ৫.১০

৫.১১ বায়ুমণ্ডলীয় চাপের পরিবর্তন ও আবহাওয়া

Change in atmospheric pressure and weather

কোনো স্থানে সময়ের সঙ্গে সঙ্গে বায়ুমণ্ডলীয় চাপের পরিবর্তন ঘটে। এর কারণে বহুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের পরিমাণের হ্রাসবৃদ্ধি অথবা বায়ুর ঘনত্বের পরিবর্তন হয়। আমরা বায়ুমণ্ডলীয় চাপের পরিবর্তন বুঝতে পারি ব্যারোমিটারের পরদস্তরের উচ্চতার পরিবর্তন দেখে।

১. ব্যারোমিটারের পরদস্তরের উচ্চতা ধীরে ধীরে কমতে থাকলে বোঝা যাবে বায়ুতে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ ধীরে ধীরে বড়ছে। কারণ জলীয় বাষ্প বহুত্ব চেয়ে হালকা। এছাড়াও বৃষ্টিপাতের সম্ভাবনা আছে।
২. হঠাৎ যদি পরদস্তরের উচ্চতা খুব কমে যায় তবে বুঝতে হবে চারদিকে বায়ুমণ্ডলের চাপ সাহস্য কমে গেছে এবং ঐ স্থানে নিম্নচাপের সৃষ্টি হয়েছে। পর্বতবর্তী উচ্চচাপের স্থান থেকে প্রবল বেগে বায়ু ঐ নিম্নচাপের অঞ্চলে ছুটে আসবে। সূত্রাং বড়ের সম্ভাবনা আছে।
৩. ব্যারোমিটারে পরদস্তরের উচ্চতা ধীরে ধীরে বাড়লে বুঝতে হবে বায়ুমণ্ডল থেকে জলীয় বাষ্প অপসারিত হচ্ছে এবং শুষ্ক বতাস সেই স্থান অবিকার করেছে। সূত্রাং আবহাওয়া শুষ্ক ও পল্লিমকর থাকবে। এভাবে বায়ুর চাপের পরিবর্তন ব্যারোমিটার দ্বারা নির্ণয় করে আবহাওয়ার পূর্বাভাস নেওয়া যায়।

৫.১২ স্থিতিস্থাপকতা: শীড়ন ও বিকৃতি

Elasticity : stress and strain

সাধারণ অভিজ্ঞতা থেকে আমরা জানি একটা রবারের বিন্দু টানলে তা সৈর্যে বেড়ে যায়। আবার টান ছেড়ে দিলে পুনরায় পূর্বের সৈর্য ফিরে যায় বা ফিরে যেতে চেষ্টা করে। এখানে টানা কর্তৃক বল প্রয়োগ করা যায় সৈর্য বেড়ে বাতারা কর্তৃক বিকৃত হওয়া। মূলত যখনই কস্তু বিকৃত হয় তখনই কস্তুর ভিতরে একটা বাসান্দকরী বলের সৃষ্টি হয় যার জন্য পূর্বের অবস্থায় ফিরে আসতে সক্ষম হয়।

বাহ্যিক বল প্রয়োগ করে কোনো বস্তুকে আকর্ষণ বা আঘাতন বা উত্তরের পরিবর্তনের চেষ্টা করলে, যে ধর্মের জন্য বস্তুটি এই প্রচেষ্টাকে বাধা দেয় এবং বল অপসারিত হলে বস্তু তার পূর্বের আকর্ষণ বা আঘাতন ফিরে পায় সেই ধর্মকে স্থিতিস্থাপকতা বলে। যে সব পদার্থের এই ধর্ম আছে তাদেরকে স্থিতিস্থাপক পদার্থ বলে। তবে বলের একটি সীমা আছে, যার বেশি বল প্রয়োগ করলে বস্তু তার পূর্বের আকর্ষণ ফিরে পায় না। এই সীমাকে স্থিতিস্থাপক সীমা বলে।

যখন স্থিতিস্থাপক বস্তুকে উপর বাহ্যিক বল প্রয়োগ করা হয় তখন বস্তুর অণুগুলো পরস্পর থেকে সরে যায়। তার ফলে বস্তুর দৈর্ঘ্য, আঘাতন বা আকৃতির পরিবর্তন ঘটে। একক দৈর্ঘ্যের বা একক আঘাতনের এই পরিবর্তনকে বিকৃতি বলে। বাহ্যিক বলের প্রভাবে কোনো বস্তুর মধ্যে বিকৃতির সৃষ্টি হলে স্থিতিস্থাপকতার জন্য বস্তুর ভিতরে একটি প্রতিরোধ বলের উদ্ভব হয়। এই প্রতিরোধ বল বাহ্যিক বলকে বাধাদানের চেষ্টা করে। বস্তুর ভিতরে একক ক্ষেত্রফলে লম্বভাবে উদ্ভূত এই প্রতিরোধকারী বলকে পীড়ন বলে। উল্লেখ্য যে বিকৃতির কোনো একক নেই। পীড়নের একক $N m^{-2}$ ।

হুকের সূত্র (Hooke's law) : বিজ্ঞানী রবার্ট হুক স্থিতিস্থাপকতার মূলসূত্রটি আবিষ্কার করেন। এই সূত্রানুসারে— স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে পীড়ন বিকৃতির সমানুপাতিক।

গাণিতিকভাবে

$$\text{পীড়ন} \propto \text{বিকৃতি}$$

$$\therefore \text{পীড়ন} = \text{স্থবক} \times \text{বিকৃতি}$$

$$\text{বা, } \frac{\text{পীড়ন}}{\text{বিকৃতি}} = \text{স্থবক}$$

এই স্থবকটিকে বস্তুর উপাদানের স্থিতিস্থাপক গুণাজ্ঞক বলে। স্থিতিস্থাপক গুণাজ্ঞকের এককও $N m^{-2}$ ।

৫.১৩ পদার্থের আণবিক গতিতত্ত্ব

Molecular kinetic theory of matter

পদার্থের অণুগুলো গতিশীল অবস্থায় আছে, এই ধারণা ধরে নেওয়াই পদার্থের আণবিক গতিতত্ত্বের মূল বিবরণ। শিল্পবর্ণিত স্ট্রীকবার্ণগুণের উপর পদার্থের আণবিক গতিতত্ত্ব প্রতিষ্ঠিত:



চিত্র ৫.১১

১. যেকোনো পদার্থ অসংখ্য ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণার সমন্বয়ে গঠিত। এই কণাগুলোকে পদার্থের অণু বলে।
২. অণুগুলো এতো ক্ষুদ্র যে তাদেরকে কিছুকং বিবেচনা করা হয়।
৩. পদার্থের অণুগুলো সর্বদা গতিশীল।
৪. গ্যাসের ক্ষেত্রে অণুগুলো বেশ দূরে দূরে থাকে, এ জন্য তাদের মধ্যে কোনো আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল কাজ করে না। অতএব তাদের ক্ষেত্রে অণুগুলো কিছুটা দূরে দূরে থাকলেও তাদের মধ্যে আকর্ষণ বল কাজ করে এবং তরলকে পাত্রের আকারে ধারণ করতে বাধ্য করে। কঠিন পদার্থের ক্ষেত্রে অণুগুলো খুব কাছাকাছি থাকে এবং তাদের মাঝে তীব্র আকর্ষণ বল কাজ করে বিধায় কঠিন পদার্থের নিজস্ব আকার ও আঘাতন থাকে।
৫. গ্যাস ও তরলের ক্ষেত্রে অণুগুলো এলোমেলো ছুঁচাছুটি করে এজন্য এরা পরস্পরের সাথে এবং পাত্রের দেয়ালের সাথে সর্বদা সংঘর্ষে লিপ্ত হয়।

৫.১৪ পদার্থের গ্রাছমা অবস্থা

Plasma state of matter

পদার্থের চতুর্থ অবস্থার নাম গ্রাছমা। এই গ্রাছমা হলো অতি উচ্চ তাপমাত্রার আয়নিত গ্যাস। গ্রাছমার বড় উদাহরণ হল সূর্য। জাহাজা অন্যান্য নক্ষত্রগুলোও গ্রাছমার উদাহরণ। গ্রাছমার বৈশিষ্ট্য হলো অতি উচ্চ তাপমাত্রার আয়নিত গ্যাস। গ্রাছমার বৈশিষ্ট্য হলো অতি উচ্চ তাপমাত্রার আয়নিত গ্যাস। গ্রাছমার বৈশিষ্ট্য হলো অতি উচ্চ তাপমাত্রার আয়নিত গ্যাস।

অনুশীলন ৫.১

কঠিন কন্ডাক্টর দ্রবীভূত করার

উদ্দেশ্য : যেকোনো আকারের কঠিন কন্ডাক্টর দ্রবীভূত করা।

সামগ্রিক : মাপচোঙ, মিটার, যেকোনো আকারের কঠিন কন্ডাক্টর

তত্ত্ব : কোনো কঠিন কন্ডাক্টর যতদূর স্থান দখল করে থাকে তাকে ঐ কন্ডাক্টর আয়তন বলে। আয়তনের একক আয়তনের তরকে তার দ্রবীভূত করে।

কোনো কঠিন কন্ডাক্টর তরল পদার্থে সম্পূর্ণ দ্রবীভূত করে তার আয়তনের সমান তরল স্থান দখল করে। কঠিন কন্ডাক্টর পদার্থে দ্রবীভূতের পূর্বে ও পরে মাপচোঙের পানির উপরিভাগের পাঠ যথাক্রমে V_1 এবং V_2 হলে কঠিন কন্ডাক্টর আয়তন,

$$V = (V_2 - V_1) \dots\dots\dots (1)$$

এখন কন্ডাক্টর তার M হলে, এর ঘনত্ব,

$$d = \frac{M}{V} \dots\dots\dots (2)$$



কাজের ধারা :

১. একটি বিকিরণ সাহায্যে পলীকর্ষীয় কঠিন কন্ডাক্টর তার নির্ণয় করা।
২. মাপচোঙের অর্ধেক পানি দ্বারা পূর্ণ করে পানির উপরিভাগের পাঠ নোড।
৩. কঠিন কন্ডাক্টরকে সুতা দিয়ে বেধে সাবধানে চোঙের পানিতে দ্রবীভূত করে তা চোঙের তরল অবস্থান করে। এই অবস্থায় পানি নির্ণয় করে এর উপরিভাগের পাঠ নোড।
৪. মাপচোঙে বিভিন্ন পরিমাণ পানি নিয়ে ২ ও ৩ নং প্রক্রিয়া পুনরাবৃত্তি করে পাঠ হতে উপস্থাপন করা।
৫. প্রয়োজনীয় হিসাবের সাহায্যে কঠিন কন্ডাক্টর আয়তন নির্ণয় করে ২ নং সূত্রের সাহায্যে ঘনত্ব নির্ণয় করা।

কন্ডাক্টর তার ও আয়তন নির্ণয়ের ছক:

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	কঠিন কন্ডাক্টর তার M g	পানির উপরিভাগের পাঠ, কন্ডাক্টর দ্রবীভূতের পূর্বে $V_1 \text{ cm}^3$	পানির উপরিভাগের পাঠ, কন্ডাক্টর দ্রবীভূতের পরে $V_2 \text{ cm}^3$	কঠিন কন্ডাক্টর আয়তন $V = (V_2 - V_1) \text{ cm}^3$	ঘনত্ব $V \text{ cm}^3$
১					
২					
৩					

হিসাব:

$$\text{কঠিন বস্তুর আয়তন } V = (V_2 - V_1) \text{ cm}^3 = \dots \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\text{কঠিন বস্তুর ঘনত্ব } d = \frac{M}{V} \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$$

অনুশীলনী

ক. বহুনির্বাচনি প্রশ্ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দাও

১। বাতাসের পরিমাণের যন্ত্রের নাম কী ?

ক) থার্মোমিটার

খ) ব্যারোমিটার

গ) ম্যানোমিটার

ঘ) সিসমোমিটার

২। তরলের চাপের পরিমাণ কী হবে ?

ক) গভীরতার সমানুপাতিক

খ) ক্ষেত্রফলের সমানুপাতিক

গ) ঘনত্বের বাস্তবানুপাতিক

ঘ) অভিকর্ষীয় ত্বরণের সমান

৩। পদার্থের চতুর্থ অবস্থার নাম কী ?

ক) প্লাস

খ) প্রাকমা

গ) কঠিন

ঘ) তরল

চিহ্ন থেকে নিচের ৪ ও ৫ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :



৪। পানির নিম্নতলে কী পরিমাণ চাপ অনুভূত হবে ?

ক) 98 Pa

খ) 980 Pa

গ) 196 Pa

ঘ) 1960 Pa

৫। যদি পানির মুখে F বল প্রয়োগ করা হয় তবে এ বল—

i. শুধুমাত্র পানির তলার চাপ প্রয়োগ করবে

ii. শুধুমাত্র পানির বক তলে চাপ প্রয়োগ করবে

iii. পানির সকল দিকে চাপ প্রয়োগ করবে

নিচের কোনটি সঠিক ?

ক. i

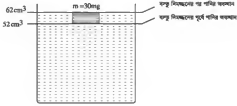
খ. ii

গ. iii

ঘ. i, ii ও iii

খ. সূজনশীল প্রশ্ন :

চিত্র দেখে নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



- ঘনত্ব কালে বসে ?
- চিত্রে বস্তুটির এভাবে ভেসে থাকার কারণ ব্যাখ্যা কর।
- বস্তুটির ঘনত্ব নির্ণয় কর।
- তরলের তাপমাত্রা ব্রহ্মাগত বৃদ্ধির ফলাফল ব্যাখ্যা কর।

গ. সাধারণ প্রশ্ন :

- ১। বল, চাপ ও ক্ষেত্রফলের সম্পর্ক কী ?
- ২। ঘনত্ব কাকে বলে? এর একক কী ?
- ৩। বায়ুমণ্ডলীয় চাপ কাকে বলে ?
- ৪। টরিসেলির শূন্যস্থান কি প্রকৃত শূন্য? ব্যাখ্যা কর।
- ৫। তরলের চাপ ও উচ্চতার মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় কর।

ষষ্ঠ অধ্যায়
বস্তুর উপর তাপের প্রভাব
EFFECT OF HEAT ON SUBSTANCES



তাপ এক প্রকার শক্তি যা পদার্থের অণুর গতির সাথে সম্পর্কিত। তাপমাত্রা হচ্ছে তাপশক্তি কোন দিকে প্রবাহিত হবে তার একটি নির্দেশক। তাপ প্রয়োগে বা অপসারণে কঠিন পদার্থের আকারের পরিবর্তন ঘটে, তরল পদার্থের আয়তন পরিবর্তিত হয় এক ঘরবীর পদার্থের ঘনত্ব ও চাপের পরিবর্তন ঘটে। তাপ প্রয়োগে বা অপসারণে পদার্থ এক অবস্থা থেকে অন্য অবস্থায় রূপান্তরিত হয়। বস্তুর উপর তাপের এ সকল প্রভাব এই অধ্যায়ে আলোচনা করা হবে।]

এই অধ্যায়ে পাঠ শেষে আমরা—

১. তাপ ও তাপমাত্রা ব্যাখ্যা করতে পারব।
২. পদার্থের তাপগাণিতিক ধর্ম ব্যাখ্যা করতে পারব।
৩. ব্যাক্সলাইট, সেলসিয়াস এবং কেলভিন স্কেলের মধ্যে সম্পর্ক বিব্রাণ করতে পারব।
৪. কতুর অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধির সাথে সাথে তাপমাত্রা বৃদ্ধি ব্যাখ্যা করতে পারব।
৫. পদার্থের তাপীয় প্রসারণ ব্যাখ্যা করতে পারব।
৬. কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য, ক্ষেত্রফল এবং আয়তন প্রসারণ ব্যাখ্যা করতে পারব।
৭. তরলের আণত এবং প্রকৃত প্রসারণ ব্যাখ্যা করতে পারব।
৮. আপেক্ষিক তাপ ও তাপধারণ ক্ষমতা ব্যাখ্যা করতে পারব।
৯. তাপ পরিবাহকের ক্ষমতা ব্যাখ্যা করতে পারব।
১০. পদার্থের অবস্থার পরিবর্তনে তাপের প্রভাব ব্যাখ্যা করতে পারব।
১১. পলন, বাষ্পীভবন ও ঘনীভবন ব্যাখ্যা করতে পারব।
১২. পলনাঙ্ক ও স্ফটনাঙ্ক ব্যাখ্যা করতে পারব।
১৩. পলনামাত্রের উপর তাপের প্রভাব ব্যাখ্যা করতে পারব।
১৪. স্ফটন ও বাষ্পীভবন ব্যাখ্যা করতে পারব।
১৫. পদার্থের এক বাষ্পীভবনের সূক্ষতাপ ব্যাখ্যা করতে পারব।
১৬. বাষ্পায়ন দীপ্তীকরণের কারণ ব্যাখ্যা করতে পারব।
১৭. বাষ্পায়নের উপর নিয়ন্ত্রকের প্রভাব ব্যাখ্যা করতে পারব।

৬.১ তাপ ও তাপমাত্রা

Heat and temperature

তাপ

তাপ হলো এক প্রকার শক্তি যা ঠাণ্ডা ও গরমের অনুভূতি আণয়। তাপ উচ্চতর কক্ষ থেকে শীতলতর কক্ষের দিকে প্রবাহিত হয়। সুতরাং উচ্চতর গাৰ্ধকের জন্য যে শক্তি এক কক্ষ থেকে অন্য কক্ষতে প্রবাহিত হয় তাকে তাপ বলে।

পদার্থের অণুগুলোর সব সময় গতিশীল অবস্থায় থাকে। তাই এদের গতিশক্তি আছে। কোনো পদার্থের মোট তাপের পরিমাণ এর মধ্যস্থিত অণুগুলোর মোট গতিশক্তির সমানুপাতিক। কোনো কক্ষতে তাপ প্রদান করা হলে অণুগুলোর গতি বেড়ে যায় ফলে গতিশক্তিও বেড়ে যায়।

তাপের একক : SI পদ্ধতিতে তাপের একক হলো জুল (J)। পূর্বে তাপের একক হিসাবে ক্যালরি (Cal) ব্যবহৃত হতো। ক্যালরি এক জুলের মধ্যে সম্পর্ক হলো $1 \text{ cal} = 4.2 \text{ J}$ ।

কাজ : টেবিলে রাখিত তিনটি পাত্রে A, B, C সেকো লাভ। পাত্রগুলোর A তে কক তাপমাত্রার পানি এক C তে বেশ গরম পানি (যেবে জোমার হতে সহনীয়) লাভ। B তে বানিকটা গরম ও কক তাপমাত্রার পানি মেশাও। এবার A পাত্রে জোমার ডান হাত এক C পাত্রে বাম হাত ঢুকাত। এক মিনিট পর হাত দুইটি উঠাত এক একলাবে দুই হাত B পাত্রে ঢুকাত। এবার জোমার দুই হাতের অনুভূতি কী ?



চিত্র: ৬.১

বসিত C পাত্রে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রার পানি আছে তবুও ডান হাতে গরম এবং বাম হাতে ঠাণ্ডা অনুভূত হবে। কারণ ডান হাত তাপে যে পানির মধ্যে ডুবানো ছিল তার চেয়ে B পাত্রে পানির তাপমাত্রা বেশি। অনুপাতাবে বাম হাতে ঠাণ্ডা অনুভূত হবে কারণ বাম হাত তাপে যে পানির মধ্যে ডুবানো ছিল তার চেয়ে B পাত্রে পানির তাপমাত্রা কম।

তাপমাত্রা

তাপমাত্রা হচ্ছে কোনো কক্ষের এমন এক তাপীয় অবস্থা যা নির্ধারণ করে ঐ কক্ষটি অন্য কক্ষের তাপীয় সঙ্গলর্শে এলে কক্ষটি তাপ হারাবে না গ্রহণ করবে।

তাপমাত্রাকে ভরসের যুক্ত ভরের উচ্চতার সাথে তুলনা করা বেতে পারে। পানির জলি উচ্চতর ভল থেকে ভরল সর্বনা নিম্নতর ভলের দিকে প্রবাহিত হয়। তিরে A পাত্রে ভরসের উচ্চতা B পাত্রে ভরসের উচ্চতার চেয়ে বেশি। কিন্তু A পাত্রে ভরসের পরিমাণ কম এবং B পাত্রে ভরসের পরিমাণ বেশি। স্টল বর্ক S খুলে দিলে A পাত্র থেকে B পাত্রে ভরল প্রবাহিত হতে থাকবে যতক্ষণ না উভয় পাত্রে ভরসের উচ্চতা সমান হয়। তেমনিভাবে তাপীয় সঙ্গলর্শ স্থাপন করলে উচ্চতর কক্ষ থেকে শীতলতর কক্ষতে তাপ প্রবাহিত হয় যতক্ষণ না উভয়ের তাপমাত্রা সমান হয়।



চিত্র: ৬.২

যে কস্তুর তাপমাত্রা বেশি সে তাপ হারায় আর যে কস্তুর তাপমাত্রা কম সে তাপ গ্রহণ করে। তাপমাত্রা পরিমাপের যন্ত্রের নাম থার্মোমিটার।

তাপমাত্রার একক: আন্তর্জাতিক পদ্ধতিতে তাপমাত্রার একক কেলভিন (K)।

কেলভিন : যে নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে পানি ডিন অবস্থাতেই অব্থাৎ বরফ, পানি এবং জলীয় বাষ্পরূপে অবস্থান করে তাকে পানির ত্রৈধবিন্দু (Triple Point) বলে। এই ত্রৈধবিন্দুর তাপমাত্রা 273 K থায়া হয়। পানির ত্রৈধবিন্দুর

তাপমাত্রার $\frac{1}{273.16}$ ভাগ কে এক কেলভিন (1 K) বলে।

৬.২ পদার্থের তাপমাত্রিক ধর্ম

Thermometric properties of matter

তাপমাত্রা পরিমাপের ক্ষেত্রে পদার্থের বিশেষ বিশেষ ধর্মকে কাজে লাগানো হয়। তাপমাত্রার তারতম্যের জন্য পদার্থের যে ধর্ম নিরবিচ্ছিন্নভাবে পরিবর্তিত হয় এবং এই পরিবর্তন লক্ষ করে সহজ ও সুস্বভাবের তাপমাত্রা নির্ণয় করা যায় সেই ধর্মকেই পদার্থের তাপমাত্রিক ধর্ম বলে। ঐ পদার্থকে তাপমাত্রিক পদার্থ বলে। থার্মোমিটারের মধ্যে তাপমাত্রিক পদার্থ ব্যবহার করা হয়।

তাপমাত্রিক ধর্মগুলো হচ্ছে পদার্থের আয়তন, রোধ, চাপ ইত্যাদি। পারদ থার্মোমিটারের ক্ষেত্রে কাচের কৈশিক নলের ভিতরে রঞ্জিত পারদকে তাপমাত্রিক পদার্থ এবং পারদ সৈর্ঘ্যকে তাপমাত্রিক ধর্ম বলা হয়। একইভাবে গ্যাস থার্মোমিটারের ক্ষেত্রে ধ্রুব আয়তনে পারদ রঞ্জিত গ্যাসকে তাপমাত্রিক পদার্থ এবং গ্যাসের চাপকে তাপমাত্রিক ধর্ম বলা হয়।

৬.৩ সেলসিয়াস, ফারেনহাইট ও কেলভিন স্কেলের মধ্যে সম্পর্ক

Relation among Celsius, Fahrenheit and Kelvin scale

কোনো কস্তুর তাপমাত্রা সঠিকভাবে নির্দেশ করার জন্য তাপমাত্রার একটি স্কেল প্রয়োজন। তাপমাত্রার স্কেল তৈরির জন্য দুইটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রাকে স্থির করে নেওয়া হয়। এই তাপমাত্রা দুইটিকে সিরাস্ক বলে। সিরাস্ক দুইটি—নিম্নসিরাস্ক ও উর্ধ্বসিরাস্ক। প্রমাণ চাপে যে তাপমাত্রার বিপ্লবীয় বিন্দু গলে পানি হয় অথবা বিপ্লবীয় পানি জমে বরফ হয় তাকে নিম্নসিরাস্ক বলে। একে হিমাবিন্দু বা বরফ বিন্দুও বলে। আবার প্রমাণ চাপে হুটুত বিপ্লবীয় পানি যে তাপমাত্রার জলীয় বাষ্পে পরিণত হয় তাকে উর্ধ্বসিরাস্ক বলে। উর্ধ্বসিরাস্ককে স্ফুটনাবিন্দু বা বাল্পবিন্দুও বলে। সিরাস্ক দুইটির মধ্যবর্তী তাপমাত্রার ব্যবধানকে মৌলিক ব্যবধান বলে। মৌলিক ব্যবধানকে নানাভাবে ভাগ করে তাপমাত্রার বিভিন্ন স্কেল তৈরি করা হয়েছে। তাপমাত্রার প্রচলিত স্কেল তিনটি : সেলসিয়াস, ফারেনহাইট ও কেলভিন।

সেলসিয়াস, ফারেনহাইট ও কেলভিন স্কেলে তাপমাত্রার একক যথাক্রমে $^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{F}$ এবং K। সেলসিয়াস স্কেলে নিম্নসিরাস্ক 0°C , ফারেনহাইট স্কেলে 32°F এবং কেলভিন স্কেলে 273 K। উর্ধ্বসিরাস্ক সেলসিয়াস স্কেলে 100°C , ফারেনহাইট স্কেলে 212°F এবং কেলভিন স্কেলে 373 K।

তাপমাত্রার বিভিন্ন স্কেলের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন :

নিম্নসিরাস্ক A এবং উর্ধ্বসিরাস্ক B চিহ্নিত একটি থার্মোমিটার দেওয়া হলো (চিত্র ৬.৩)। তারপর সেলসিয়াস, ফারেনহাইট ও কেলভিন স্কেলে লিপ্যঙ্কিত আরো তিনটি থার্মোমিটার পাশাপাশি রাখা হলো। AB থার্মোমিটারের P অবস্থানের পৃষ্ঠ অপর তিনটি স্কেলে যথাক্রমে C, F এবং K।



চিত্র ৬.৩

সুতরাং এই তিন স্কেলে PA দূরত্ব যথাক্রমে $C-0$, $F-32$ এবং $K-273$ । আবার $\frac{PA}{BA}$ ধ্রুবক হওয়ার লেখা যায়,

$$\begin{aligned}\frac{PA}{BA} &= \frac{C-0}{100-0} = \frac{F-32}{212-32} = \frac{K-273}{373-273} \\ \text{বা, } \frac{C}{100} &= \frac{F-32}{180} = \frac{K-273}{100} \\ \text{বা, } \frac{C}{5} &= \frac{F-32}{9} = \frac{K-273}{5}\end{aligned}\quad (6.1)$$

সমীকরণ (6.1) সেলসিয়াস, ফারেনহাইট ও কেলভিন স্কেলের মধ্যে সম্পর্ক নির্দেশ করে।

তবে সেলসিয়াস ও কেলভিন স্কেলের সহজ সম্পর্ক হলো— সেলসিয়াস স্কেলের পাঠের সাথে 273 যোগ করলে কেলভিন স্কেলে পাঠ পাওয়া যায়। যেমন 1°C তাপমাত্রা $= (1+273) \text{ K} = 274 \text{ K}$ তাপমাত্রা।

তবে তাপমাত্রার পার্থক্য 1°C হলে সেটা 1K এর সমান হবে।

গাণিতিক উদাহরণ ৬.১ : সূর্য মানুষের দেহের তাপমাত্রা 98.4°F

। সেলসিয়াস স্কেলে এই তাপমাত্রা কত হবে?

আমরা জানি

$$\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9}$$

$$\text{বা } \frac{C}{5} = \frac{98.4-32}{9}$$

$$\text{বা } C = 36.89^\circ\text{C}$$

উত্তর : 36.89°C

লেন্সা আছে,
ফারেনহাইট স্কেলে তাপমাত্রা,
 $F = 98.4^\circ\text{F}$
সেলসিয়াস স্কেলে তাপমাত্রা, $C = ?$

কাঙ্ক্ষা: শ্রেণি কক্ষের তাপমাত্রা সেলসিয়াস স্কেলে পরিমাপ করে ফারেনহাইট ও কেলভিন স্কেলে প্রকাশ কর।

৬.৪ কক্ষের তাপমাত্রা বৃদ্ধি ও অভ্যন্তরীণ শক্তি

Rise of temperature and internal energy of a body

পদার্থের আণবিক গতিতত্ত্বের ভিত্তিতে আমরা জানি যে, পদার্থের অণুগুলো সর্বদা গতিশীল। কঠিন পদার্থের অণুগুলো একস্থানে থেকে এদিক-ওদিক সন্দ্বিষ্ট হয়। তরল ও গ্যাসীয় পদার্থের অণুগুলো এসোমেশোভাবে ছুটছুটি করে। অণুগুলোর এই গতির জন্য গতিশক্তির সঞ্চয় হয়। আবার কঠিন পদার্থের অণুগুলোর মধ্যে আকর্ষণ-বিকর্ষণ বল আছে বলে বিভবশক্তি আছে। গ্যাসীয় পদার্থের অণুগুলোর মধ্যে আকর্ষণ-বিকর্ষণ বল নেই বলে বিভবশক্তি নেই। পদার্থের অণুগুলোর গতিশক্তি ও বিভবশক্তির সমষ্টিকে অভ্যন্তরীণ শক্তি বলে। সঠিক অভ্যন্তরীণ শক্তির এক অংশ গতিশক্তি অংশ বিভবশক্তি। কোনো কক্ষততে তাপীয় শক্তি প্রদান করলে তার অভ্যন্তরীণ শক্তি বাড়ে। তবে অভ্যন্তরীণ শক্তির গতিশক্তি অংশটুকু শূন্যের তাপমাত্রা বৃদ্ধি ঘটায়।

৬.৫ পদার্থের তাপীয় প্রসারণ

Thermal expansion of a substance

প্রায় সকল পদার্থই তাপ প্রয়োগে প্রসারিত হয় আর তাপ অপসারণে সংকুচিত হয়। যখন কোনো কস্তু উত্তপ্ত হয়, তখন কস্তুটির প্রত্যেক অণুর তাপশক্তি তথা গতিশক্তি বৃদ্ধি পায়। কঠিন পদার্থের কোষ আন্তঃআণবিক বলের বিপরীতে অণুগুলো আরো বর্ধিত শক্তিতে সঞ্চিত হতে থাকে ফলে সাম্যাবস্থা থেকে অণুগুলোর সরণ বৃদ্ধি পায়। কিন্তু কোনো অণু এর সাম্যাবস্থা থেকে সরে যাওয়ার সমর টান অনুভব করে। অর্থাৎ, অণুটি যখন পার্শ্ববর্তী অণুর কাছাকাছি যেতে চায় তখন বিকর্ষণ অনুভব করে। আবার আন্তঃআণবিক দূরত্ব যখন বৃদ্ধি পায় তখন আকর্ষণ অনুভব করে। তাপমাত্রা বৃদ্ধির কারণে কঠিন কস্তুর অণুগুলো সঞ্চিত হতে থাকে তবে তা সরল স্থিতিত স্পন্দন নয়। এর কারণ, দুই অণুর মধ্যে দূরত্ব সাম্যাবস্থার তুলনায় যদি কমে যায় তাহলে বিকর্ষণ ক্রা হ্রত বৃদ্ধি পায়। কিন্তু এসে মধ্য দূরত্ব সাম্যাবস্থার তুলনায় বৃদ্ধি পেলে আকর্ষণ ক্রা হ্রত বৃদ্ধি পায় না। ফলে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাবার ফলে কঠিন কস্তুর মধ্যে অণুগুলো যখন কীভাবে থাকে তখন একই শক্তি নিয়ে উত্তর দিকে যতটা সরে আসতে পারে, বাইরের দিকে তার চেয়ে বেশি সরে যেতে পারে। এর ফলে প্রত্যেক অণুর গড় সাম্যাবস্থান বাইরের দিকে সরে যায় এবং কস্তুটি প্রসারণ লাভ করে। তরল পদার্থের কোষ আন্তঃআণবিক বলের প্রভাব কম বলে তাপের কারণে এর প্রসারণ বেশি হয়। বায়বীয় পদার্থের কোষ আন্তঃআণবিক বলের ফলে অণুগুলোর ছুটোছুটি বৃদ্ধি পায়। তাপীয় প্রসারণ গাণিতিক পদার্থে সবচেয়ে বেশি, তরলে তার চেয়ে কম এবং কঠিন পদার্থে সবচেয়ে কম।

৬.৬ কঠিন পদার্থের প্রসারণ

Expansion of solids

তাপ প্রয়োগ করলে কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য, ক্ষেত্রফল এবং আয়তন বৃদ্ধি পায়।

কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ ও দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ

কঠিন কস্তুতে তাপ প্রয়োগ করলে নির্দিষ্ট দিকে দৈর্ঘ্য বরাবর যে প্রসারণ হয় তাকে কস্তুটির দৈর্ঘ্য প্রসারণ বলে।

যদি যাক, θ_1 তাপমাত্রার কোনো দণ্ডের দৈর্ঘ্য l_1 , তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে θ_2 হলে শেষ দৈর্ঘ্য l_2

$$\text{দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি} = l_2 - l_1$$

$$\text{এক তাপমাত্রা বৃদ্ধি} = \theta_2 - \theta_1$$

দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ α যার প্রকাশ করা হয় বার রাশিমালা

$$\alpha = \frac{l_2 - l_1}{l_1(\theta_2 - \theta_1)} \quad (6.2)$$

$$= \frac{\text{দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি}}{\text{আদি দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রার বৃদ্ধি}}$$



চিত্র ৬.৪

6.2 নং সূত্রকরণে যদি আদি দৈর্ঘ্য $l_1 = 1\text{m}$ এক তাপমাত্রা বৃদ্ধি

$$\theta_2 - \theta_1 = 1\text{ K হয় তবে,}$$

$$\alpha = l_2 - l_1 = \text{দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি}$$

সুতরাং 1 m দৈর্ঘ্যের কোনো কঠিন পদার্থের দণ্ডের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধির ফলে যতটুকু দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পায় তাকে ঐ দণ্ডের উপাদানের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ বলে। এর একক K^{-1} । আমরা দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ $16.7 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ বলতে বুঝায় যে 1 m দৈর্ঘ্যের তামার দণ্ডের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করলে এর দৈর্ঘ্য $16.7 \times 10^{-6} \text{ m}$ বৃদ্ধি পায়।

পানিতিক উল্লভন ৬.২ : 20°C তাপমাত্রায় একটি ইস্পাতের দণ্ডের দৈর্ঘ্য 100 m । 50°C তাপমাত্রায় এর দৈর্ঘ্য 100.033 m হলে ইস্পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ নির্ণয় কর।

$$\begin{aligned}\text{আমরা জানি, দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, } \alpha &= \frac{l_2 - l_1}{l_1(\theta_2 - \theta_1)} \\ &= \frac{0.033\text{ m}}{100\text{ m} \times 30\text{ K}} \\ &= 11 \times 10^{-6}\text{ K}^{-1}\end{aligned}$$

দেওয়া আছে,

আদি দৈর্ঘ্য, $l_1 = 100\text{ m}$

শেষ দৈর্ঘ্য, $l_2 = 100.033\text{ m}$

আদি তাপমাত্রা, $\theta_1 = 20^{\circ}\text{C}$

শেষ তাপমাত্রা, $\theta_2 = 50^{\circ}\text{C}$

তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $\theta_2 - \theta_1 = 30\text{ K}$

দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি, $l_2 - l_1 = 0.033\text{ m}$

দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ, $\alpha = ?$

লব্ধবস্তু: রেল লাইনে যেখানে দুইটি পোষ্টের বার দিকিত হয় সেখানে ঝাঁক থাকে কেন?

রেলের তাপে ও চাকর বর্ষশে লোহা উত্তপ্ত হয়ে প্রসারিত হয়। এই প্রসারণের সুবিধার জন্য ঝাঁক রাখা হয়। ঝাঁক না থাকলে প্রসারণের জন্য রেল লাইন বিকল যাবে।

ক্ষেত্র প্রসারণ ও ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ

একটি কঠিন বস্তুর তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে এর ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি পায়। একে ক্ষেত্র প্রসারণ বলে। ধরা যাক θ_1 তাপমাত্রায় কোনো কঠিন পদার্থের পৃষ্ঠের আদি ক্ষেত্রফল A_1 তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে θ_2 করলে শেষ ক্ষেত্রফল A_2

সুতরাং তাপমাত্রা বৃদ্ধি $= \theta_2 - \theta_1$

ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি $= A_2 - A_1$

ক্ষেত্র প্রসারণ সহগকে β দ্বারা প্রকাশ করা হয় বার রানিমাণ

$$\begin{aligned}\beta &= \frac{A_2 - A_1}{A_1(\theta_2 - \theta_1)} \\ &= \frac{\text{ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি}}{\text{আদি ক্ষেত্রফল} \times \text{তাপমাত্রার বৃদ্ধি}}\end{aligned}\quad (6.3)$$

6.3 নং সীকরণে যদি আদি ক্ষেত্রফল $A_1 = 1\text{ m}^2$ এবং তাপমাত্রা বৃদ্ধি

$(\theta_2 - \theta_1) = 1\text{ K}$ হয় তবে

$\beta = A_2 - A_1 = \text{ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি}$ ।

সুতরাং 1 m^2 ক্ষেত্রফলের কোনো কঠিন পদার্থের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধির ফলে যতটুকু ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি পায় তাকে ঐ বস্তুর উপাদানের ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ বলে। এর একক K^{-1} ।

আমার ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ $33.4 \times 10^{-6}\text{ K}^{-1}$ কালে বুঝায় যে 1 m^2 ক্ষেত্রফলের কোনো তামা খণ্ডের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করলে তার ক্ষেত্রফল $33.4 \times 10^{-6}\text{ m}^2$ বৃদ্ধি পায়।



চিত্র: ৬.৫



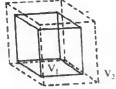
চিত্র: ৬.৬

আয়তন প্রসারণ ও আয়তন প্রসারণ সহগ

কোনো কঠিন পদার্থের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে এর আয়তন বৃদ্ধি পায়। একে আয়তন প্রসারণ বলে।

ধরা যাক, কোনো কঠিন পদার্থের আদি আয়তন V_1 এবং আদি তাপমাত্রা θ_1 । এর তাপমাত্রা বাড়িয়ে যখন θ_2 করা হলো তখন আয়তন বৃদ্ধি পেয়ে V_2 হলো। সুতরাং আয়তন বৃদ্ধি = $V_2 - V_1$ । তাপমাত্রা বৃদ্ধি = $\theta_2 - \theta_1$ । আয়তন প্রসারণ সহগকে γ দ্বারা প্রকাশ করা হয় যার রাশিমালা নিম্নরূপ,

$$\gamma = \frac{V_2 - V_1}{V_1(\theta_2 - \theta_1)} \quad (6.4)$$



চিত্র: ৬.৭

“আদি আয়তন : তাপমাত্রার বৃদ্ধি”

6.4 নং সমীকরণে যদি আদি আয়তন $V_1 = 1 \text{ m}^3$ এবং তাপমাত্রা বৃদ্ধি $\theta_2 - \theta_1 = 1 \text{ K}$ হয় তবে

$\gamma = V_2 - V_1 =$ আয়তন বৃদ্ধি।

সুতরাং 1 m^3 আয়তনের কোনো কঠিন পদার্থের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি কলে যতটুকু আয়তন বৃদ্ধি পায় তাকে ঐ কঠিন উপাদানের আয়তন প্রসারণ সহগ বলে।

তমাত্রা আয়তন প্রসারণ সহগ $50.1 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ কালে কুয়ার 1 m^3 আয়তনের তামার তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করলে আয়তন $50.1 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ বৃদ্ধি পাবে।

এদের মধ্যে সম্পর্ক :

$$\gamma = 3\alpha \text{ এবং } \beta = 2\alpha$$

৬.৭ তরল পদার্থের প্রসারণ

Expansion of liquid

তরল পদার্থের নির্দিষ্ট সৈরিত্ব বা ফ্লেক্সিবিলিটি নেই। তবে নির্দিষ্ট আয়তন আছে। তরলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে এর আয়তন বৃদ্ধি পায়। সুতরাং তরলের প্রসারণ বলতে তরলের আয়তন প্রসারণকেই বোঝায়। তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে সকল তরল সমান হারে বৃদ্ধি পায় না। একই তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য সমআয়তনের বিভিন্ন তরল পদার্থের প্রসারণ বিভিন্ন হয়।

পরীক্ষা

দশবা নবদুই সমআয়তনের ও সমআকারের কয়েকটি বাতের বস্তু নেওয়া হলো। একে সমআয়তন পানি, অ্যালকোহল, কেরোসিন ইত্যাদি প্রভৃতি কয়েকটি তরল নেওয়া হলো (চিত্র : ৬.৮)। এবার একটি অপেক্ষাকৃত বড় গ্যারে কক্ষ তাপমাত্রার পানি দিয়ে তার মধ্যে এই বস্তুগুলোকে উপস্থাপন করে রাখা হলো। সব কটি বাতের মধ্যে তরলের উপরিভাগ একই থাকবে। এখন গ্যারে কিছু গরম পানি ঢালা হলো। কিছুক্ষণ পর যখন বস্তুগুলো উত্ত তাপমাত্রা গ্রাস্ত হবে তখন দেখা যাবে বাতের নলে তরলের উপরিভাগ একই উচ্চতায় নেই, বিভিন্ন নলে তরলের উচ্চতা বিভিন্ন। এ থেকে বোঝা যায় যে নির্দিষ্ট তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে সমআয়তনের বিভিন্ন তরলের আয়তন প্রসারণ বিভিন্ন হয়।



চিত্র: ৬.৮

৬.৮ তরলের প্রকৃত ও আপাত প্রসারণ

Real and apparent expansion of liquid

তরলকে সর্বদা কোনো পাত্রে রেখে উত্তপ্ত করতে হয়। তাপ গ্রহণে তরল পাত্র উত্তরেরই প্রসারণ ঘটে। এই কারণে তরলের যে প্রসারণ আমরা দৃশ্য করেছি তা তরল প্রকৃত প্রসারণ নয় – আপাত প্রসারণ। সুতরাং তরলের প্রসারণ দুই প্রকার : ক) প্রকৃত প্রসারণ ও খ) আপাত প্রসারণ।

প্রকৃত প্রসারণ : তরলকে কোনো পাত্রে না রেখে (যদি সম্ভব হয়) তাপ দিলে তরল যে আয়তন প্রসারণ হতো তাকে তরলের প্রকৃত প্রসারণ বলে। তবে তা সম্ভব নয় বলে পাত্রের প্রসারণ বিবেচনা করে প্রকৃতই তরলের বেটু প্রসারণ ঘটে তাই প্রকৃত প্রসারণ। একে V_r দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

আপাত প্রসারণ : কোনো পাত্রে তরল রেখে তাপ দিলে তরলের যে আয়তন প্রসারণ দেখতে পাওয়া যায়, অর্থাৎ পাত্রের প্রসারণ বিবেচনায় না এনে তরলের যে প্রসারণ পাওয়া যায় তাকে তরলের আপাত প্রসারণ বলে। একে V_a দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

প্রকৃত প্রসারণ ও আপাত প্রসারণের মধ্যে সম্পর্ক

একটা দাগ কাটা সরু নলবিশিষ্ট ক্যাসের বায়ু নিয়ে তরল A দাগ পর্যন্ত কোনো তরল দ্বারা পূর্ণ করা হলে। এখন তরল স্তরের দিকে দৃশ্য রেখে বায়ুটিকে গরম করলে দেখা যাবে যে, তরলের উপরিভাগ A থেকে B দাগ পর্যন্ত নেমে আসে। তরলটির আয়তন B দাগ থেকে শুরু করে A দাগ অবধি গরম করে C দাগ পর্যন্ত উঠে। এর কারণ তাপ গ্রহণে প্রথমে বায়ুর আয়তন বৃদ্ধি পায়। যার জন্য তরল A থেকে B তে নেমে যায়। পরে তরল সেই গরম হয় সেই তার আয়তন বৃদ্ধি শুরু হয় এবং B থেকে C পর্যন্ত উঠে। কঠিন পদার্থের চেয়ে তরলের প্রসারণ বেশি বিধায় এছাড়া ঘটে। আপাত সূত্রিত মনে হবে তরল প্রথমে A দাগ পর্যন্ত ছিল এবং সবশেষে C দাগে উঠেছে। তাই CA হলো আপাত প্রসারণ। CB হলো প্রকৃত প্রসারণ এবং AB হলো পাত্রের প্রসারণ। একে V_r দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

কিন্তু থেকে দেখা যায় যে,

$$CB = CA + AB$$

বা প্রকৃত প্রসারণ = আপাত প্রসারণ + পাত্রের প্রসারণ

$$V_r = V_a + V_g \quad (6.5)$$



চিত্র ৬.১

৬.৯ তাপধারণ ক্ষমতা ও আপেক্ষিক তাপ

Thermal capacity and specific heat

তাপধারণ ক্ষমতা

কোনো বস্তুর ব্যতীর্ণিত তাপের পরিমাণ বস্তুটির তর, উপদান ও ভাগমাত্রার উপর নির্ভর করে।

কোনো বস্তুর তাপমাত্রা এক একক বাড়তে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকে ঐ বস্তুর তাপধারণ ক্ষমতা বলে। তাপধারণ ক্ষমতা বস্তুর উপাদান এবং ভরের উপর নির্ভরশীল।

যদি $\Delta\theta$ থাকে, কোনো বস্তুর তাপমাত্রা $\Delta\theta$ বাড়তে Q পরিমাণ তাপ লাগে। সুতরাং এক একক তাপমাত্রা বাড়তে তাপ

$$\text{লাগে } \frac{Q}{\Delta\theta}।$$

$$\text{সুতরাং তাপধারণ ক্ষমতা, } C = \frac{Q}{\Delta\theta} \quad (6.6)$$

তাপধারণ ক্ষমতার একক JK^{-1} ।

আপেক্ষিক তাপ

একক ভরের কোনো বস্তুর তাপমাত্রা এক একক বাড়তে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকে ঐ বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক তাপ বলে।

m ভরের কোনো বস্তুর তাপমাত্রা $\Delta\theta$ বাড়তে যদি Q তাপের প্রয়োজন হয় তবে একক ভরের ঐ বস্তুর তাপমাত্রা এক একক বাড়তে $\frac{Q}{m\Delta\theta}$ তাপের প্রয়োজন হয় সুতরাং, আপেক্ষিক তাপ $S = \frac{Q}{m\Delta\theta}$ (6.7)

আপেক্ষিক তাপের একক $\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$

পদার্থ	আপেক্ষিক তাপ ($\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$)
পানি	4200
বরফ	2100
জলীয় বাষ্প	2000
সীসা	130
তামা	400
লুণ	230

6.7 সমীকরণ থেকে দেখা যায়,

$$Q = ms\Delta\theta \quad (6.8)$$

অর্থাৎ গৃহিত তাপ বা বর্জিত তাপ = ভর \times আপেক্ষিক তাপ \times তাপমাত্রার পার্থক্য

আপেক্ষিক তাপ ও তাপধারণ ক্ষমতার সম্পর্ক

যেহেতু $\frac{Q}{\Delta\theta}$ হচ্ছে তাপধারণ ক্ষমতা C , (6.7) সমীকরণ থেকে দেখা যায় আপেক্ষিক তাপ

$$S = \frac{Q}{m\Delta\theta} = \frac{C}{m}$$

অর্থাৎ, আপেক্ষিক তাপ = $\frac{\text{তাপধারণ ক্ষমতা}}{\text{ভর}}$

সুতরাং বস্তুর একক ভরের তাপধারণ ক্ষমতাকে তার উপাদানের আপেক্ষিক তাপ বলে।

৬.১০ তাপ পরিমাপের মূলনীতি**Fundamental principle of measurement of heat**

ভিন্ন তাপমাত্রার দুইটি বস্তুকে তাপীয় সংস্পর্শে আনা হলে তাদের মধ্যে তাপের আদানপ্রদান হয়। যে বস্তুর তাপমাত্রা বেশি সে তাপ বর্জন করবে আর যে বস্তুর তাপমাত্রা কম সে তাপ গ্রহণ করবে। তাপের এই গ্রহণ ও বর্জন চলতে থাকবে যতক্ষণ না সকল বস্তুর তাপমাত্রা সমান হয়।

যদি গ্রহণ ও বর্জনের সময় কোনো তাপ নষ্ট না হয়, তবে বেশি তাপমাত্রার বস্তুগুলো যে পরিমাণ তাপ বর্জন করবে কম তাপমাত্রার বস্তুগুলো সেই পরিমাণ তাপ গ্রহণ করবে।

অর্থাৎ মোট বর্জিত তাপ = মোট গৃহিত তাপ (6.9)

এটাই তাপ পরিমাপের মূলনীতি।

৬.১১ পদার্থের অবস্থার পরিবর্তনে তাপের প্রভাব

Effect of heat on change of state

পদার্থ তিনটি অবস্থায় থাকতে পারে। যেমন— কঠিন, তরল ও বায়বীয়। পানির তিনটি অবস্থা আমরা সবসেই জানি—করক, পানি ও জলীয়বাষ্প। এ তিনটি অবস্থাকে যথাক্রমে কঠিন, তরল ও বায়বীয় বলা হয়। পানির এই অবস্থাগুলো নির্ভর করে বায়ুচাপ ও তাপমাত্রার উপর।

কোনো কঠিন পদার্থকে তাপ প্রয়োগ করে তরলে পরিণত করা যায়, একে গলন বলে। প্রথমে তাপ দিলে কতুর তাপমাত্রা বাড়তে থাকে এক এক পর্যায়ে তাপ প্রয়োগ করলেও কতুর তাপমাত্রা বাড়ছে না। এ সময়ে যে তাপ কতু শোষণ করে তা ছাড়া কঠিন পদার্থটি তরলে পরিণত হয়। 0°C তাপমাত্রার নিচের বরফকে তাপ দিতে থাকলে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেয়ে 0°C -এ আসবে। এরপর তাপ দিলে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাবে না কিন্তু বরফ গলে 0°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত হতে থাকবে। কঠিন অবস্থা থেকে তরল অবস্থায় রূপান্তরের সময় পদার্থ যে তাপ শোষণ করে তা তরল আন্তঃআণবিক বন্ধন ভাঙতে কাজ করে।

0°C তাপমাত্রার উক্ত পানিকে আরও তাপ প্রয়োগ করলে তাপমাত্রা বাড়তে থাকে। আবার এক পর্যায়ে এসে পানি যখন জলীয়বাষ্পে পরিণত হতে থাকে তখন আর তাপমাত্রা বাড়ছে না। এই সময় পানি তাপ শোষণ করে বায়বীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হয়। এক্ষেত্রেও তরলের আন্তঃআণবিক বন্ধন ভাঙতে তাপের প্রভাব বিদ্যমান। বিপ্লবীকৃত্যে বায়বীয় পদার্থ থেকে তাপ অপসারণ করে তাকে প্রথমে তরলে এবং তরল থেকে তাপ অপসারণ করে তাকে কঠিনে পরিণত করা যায়। সুতরাং পদার্থের অবস্থার পরিবর্তনে তাপের প্রভাব উল্লেখযোগ্য।

৬.১২ গলন, বাষ্পীভবন ও ঘনীভবন

Fusion, vaporization and condensation

গলন

তাপ প্রয়োগে কঠিন পদার্থকে তরলে পরিণত করাকে গলন বলে। যে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কঠিন পদার্থ গলতে শুরু করে সেই তাপমাত্রাকে গলনাঙ্ক বলে। সমস্ত পদার্থ না গলা পর্যন্ত এই তাপমাত্রা স্থির থাকে।

বাষ্পীভবন

পদার্থের তরল অবস্থা থেকে বাষ্পীয় অবস্থায় পরিণত হওয়ার ঘটনাকে বাষ্পীভবন বলে। এই বাষ্পীভবন দুইটি পদ্ধতিতে হতে পারে—

- বাপায়ন (Evaporation) ও
- স্ফুটন (Boiling)

বাপায়ন:

যেকোনো তাপমাত্রায় তরলের পৃষ্ঠমুখ্যে উপরিতল থেকে ধীরে ধীরে বাষ্পে পরিণত হওয়ার প্রক্রিয়াকে বাপায়ন বলে।

কর্মকণ্ঠ: একটি বাটিতে কিছুটা পানি নিয়ে তোমার ঘরের এক কোণে রেখে দাও। দুই একদিন পরে দেখ পানির কী হয়েছে? দেখা যাবে বাটির পানি কমে গেছে এই পানি কয়র করণ কী?

ঘরের তাপমাত্রাতেও পানি জলীয়বাষ্পে পরিণত হয়েছে। তাই পানি কমে গেছে। এটাই বাপায়ন।

স্ফুটন: তাপ প্রয়োগে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় তরলের সকল স্থান থেকে দ্রুত বাষ্পে পরিণত হওয়ার ঘটনাকে স্ফুটন বলে। যে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো তরলের স্ফুটন হয়, তাকে ঐ তরলের স্ফুটনাঙ্ক বলে। স্ফুটনাঙ্কের মান চাপের উপর নির্ভর করে।

পরীক্ষা: যদি কিছু পরিমাণ পানি পায়ে নিয়ে গরম কর, দেখা যাবে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেয়ে পানি একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় হুটতে শুরু করেছে এবং জলীয় বাষ্পে রূপান্তরিত হচ্ছে এটাই স্ফটন। সুতরাং যোঝা গেল তরল যেকোনো তাপমাত্রায় বারবীর অবস্থায় যেতে পারে আবার স্ফটনাঙ্কের তাপমাত্রায়ও বারবীর অবস্থায় যেতে পারে।

স্বনীভবন : উকতার হ্রাস ঘটিয়ে কোনো পদার্থের বারবীর অবস্থায় থেকে তরল অবস্থায় রূপান্তরিত হওয়ার প্রক্রিয়াকে স্বনীভবন বলে।

৬.১৩ পলনাঙ্কের উপর চাপের প্রভাব

Effect of pressure on boiling points

নিম্নে করে দেখা : দুই টুকরো করফকে এক সঙ্গে নিয়ে কিছুক্ষণ জোরে চাপে ধরে ছেড়ে দাও। কী দেখতে পাইছ? টুকরা দুইটি জোড়া গেলে দিয়েছে। কেন?

করফ টুকরা দুইটির স্পর্শভাগে চাপ পড়ায় সেখানে পলনাঙ্ক কমে যায় অর্থাৎ পলনাঙ্ক 0°C এর চেয়ে কম হয়। কিন্তু স্পর্শভাগের উষ্ণতা 0°C থাকে। তাই স্পর্শভাগের করফ গলে যায়। পলার অন্য প্রয়োজনীয় তাপ করফ থেকে নষ্ট হয়ে যায়। চাপ অপসারণ করলে পলনাঙ্ক পুনরায় 0°C হয়। তাই স্পর্শভাগের করফ গলা পানি জমে বরফে পরিণত হয়। এই কারণে চাপ প্রয়োগ করলে দুই টুকরা করফ এক টুকরায় পরিণত হয়। চাপ দিয়ে কঠিন কল্লকে তরলে পরিণত করে ও চাপ হ্রাস করে আবার কঠিন অবস্থায় আনাকে পুনঃস্ফীতিভবন বলে।



চিত্র : ৬.১০

পদার্থের উপর চাপের হ্রাস-বৃদ্ধি অন্য পলনাঙ্ক পরিবর্তিত হয়। চাপের অন্য পলনাঙ্ক পরিবর্তন দুইভাবে হতে পারে।

- কঠিন থেকে তরলে রূপান্তরের সময় যেসব পদার্থের আয়তন হ্রাস পায় (যেমন করফ), চাপ বাড়লে তাদের পলনাঙ্ক কমে যায় অর্থাৎ কম তাপমাত্রায় গলে।
- কঠিন থেকে তরলে রূপান্তরের সময় যেসব পদার্থের আয়তন বেড়ে যায় (যেমন মোম), চাপ বাড়লে তাদের পলনাঙ্ক বেড়ে যায় অর্থাৎ বেশি তাপমাত্রায় গলে।

৬.১৪ গলনের সুস্থতা ও বাষ্পীভবনের সুস্থতা

Latent heat of fusion and latent heat of vaporisation

গলনের সুস্থতা: আমরা জানি, তাপ প্রয়োগের ফলে কঠিন পদার্থের তাপমাত্রা যখন গলনাঙ্কে পৌঁছায় তখন সম্পূর্ণ পদার্থ ভরবে স্থানান্তরিত হওয়া পর্যন্ত তাপমাত্রার আর পরিবর্তন হয় না। এখানে যে পরিমাণ তাপ কঠিন পদার্থকে তরল অবস্থায় স্থানান্তর করল তাই গলনের সুস্থতা।

এই তাপ কতর তাপমাত্রার পরিবর্তন করে না কিন্তু আন্তঃআণবিক বন্ধন শিথিল করতে যায় হয়।

বাষ্পীভবনের সুস্থতা: তরল পদার্থকে তাপ প্রয়োগ করতে থাকলে যখন তাপমাত্রা স্ফুটনাঙ্কে চলে আসে তখন যতই তাপ প্রয়োগ করা হোক না কেন সম্পূর্ণ তরল বাল্পে স্থানান্তরিত হওয়া পর্যন্ত তাপমাত্রা স্থির থাকে। এখানে যে পরিমাণ তাপ তরল পদার্থকে বাষ্পীয় অবস্থায় স্থানান্তর করল তাই বাষ্পীভবনের সুস্থতা।

বাষ্পায়নে শীতলতার উদ্ভব: গরমের দিনে নতুন মাটির কলসিতে পানি রাখলে ঐ পানি ঠাণ্ডা হয়। মাটির কলসির পায়ে অসংখ্য ছিদ্র থাকে ঐ ছিদ্র দিয়ে সর্বদা পানি চুইয়ে বাহিরে আসে ও বাষ্পে পরিণত হয়। এজন্য প্রয়োজনীয় সুস্থতা পানির কলসির পানি সরবরাহ করে এবং ঠাণ্ডা হয়।

কচ বা পিতলের পায়ে পানি রাখলে তা ঠাণ্ডা হয় না। কারণ, ঐ পায়ে পানি ছিদ্র থাকে না এবং বাষ্পায়নের কোনো সুযোগ সৃষ্টি হয় না।

এবার কল তোমার লেহ থেকে যখন ঘাম বের হয়, তখন পাখার বাতাসে ঠাণ্ডা অনুভূত হয় কেন?

৬.১৫ বিভিন্ন বিষয়ের উপর বাষ্পায়নের নির্ভরশীলতা

Dependence of evaporation on various factors

নিম্নলিখিত বিষয়ের উপর বাষ্পায়ন নির্ভর করে :

বায়ু প্রবাহ : তরলের উপর বায়ু প্রবাহ বৃদ্ধি পেলে বাষ্পায়ন দ্রুত হয়।

তরলের উপরিতলের

ক্ষেত্রফল : তরলের উপরিতলের ক্ষেত্রফল যত বেশি হয়, বাষ্পায়ন তত দ্রুত হয়।

তরলের প্রকৃতি : বিভিন্ন তরলের বাষ্পায়নের হার বিভিন্ন। তরলের স্ফুটনাঙ্ক কম হলে বাষ্পায়নের হার বেশি হয়। উদাহরণ্য তরলের বাষ্পায়নের হার সর্বাধিক।

তরলের উপর চাপ : তরলের উপর বায়ুমণ্ডলের চাপ বাড়লে বাষ্পায়নের হার কমে যায়। চাপ কমলে বাষ্পায়নের হার বাড়ে। শূন্যস্থানে বাষ্পায়নের হার সর্বাধিক।

তরল ও তরল সত্ত্ব

বায়ুর উষ্ণতা : তরল ও তরল সত্ত্ব বায়ুর উষ্ণতা বাড়লে বাষ্পায়ন দ্রুত হয়।

বায়ুর শূন্যতা : তরল পদার্থের উপরিতলের বাতাস যত শূন্য হবে, অর্থাৎ বায়ুতে যত কম পরিমাণ জলীয় বাষ্প থাকবে বাষ্পায়ন তত দ্রুত হবে। শীতকালে বায়ু শূন্য থাকে বলে তিজা কাপড় তাড়াতাড়ি শুকায়।

অনুসন্ধান নং ৬.১

করফের গলনাঙ্ক নির্ণয়।

উদ্দেশ্য : করফের গলন পর্ববেক্ষণ এবং গলনাঙ্কের সাথে তাপমাত্রার সম্পর্ক নির্ণয় ও লেখচিত্র অঙ্কন।

বস্তুগতি : সেলসিয়াস থার্মোমিটার, করফ, স্ট্যান্ড, বার্নার, বিকার, স্টপওয়াচ।

কর্মপদ্ধতি : ১. কিছু করফ নিয়ে চূর্ণ করে একটি বিকারে রাখ।

২. থার্মোমিটারকে সতর্কতার সাথে করফ চূর্ণের মধ্যে ডুবাত যাতে বাহ্যিক করফের মধ্যে থাকে কিন্তু বিকারের গায়ে না লাগে।

৩. তাপ প্রয়োগ করে ধীরে ধীরে তাপমাত্রা রেকর্ড করতে হবে।

৪. প্রতি মিনিটে তাপমাত্রা রেকর্ড কর যতক্ষণ পর্যন্ত সব করফ না গলে যায়।

৫. উপরের দ্বয়কে বরফ সম্পূর্ণ গলে পানি হবার পরও তাপ দিতে থাকে যতক্ষণ না তাপমাত্রা 20°C - 25°C হয়। প্রতি মিনিটে তাপমাত্রা নিপিবদ্ধ কর।

৬. প্রান্ত তথ্যের আলোকে তাপমাত্রা বনাম সময় লেখচিত্র অঙ্কন কর।

৭. লেখচিত্র বা গ্রাফ থেকে করফের গলনাঙ্ক বের কর।

৮. লেখচিত্রের প্রকৃতি আলোচনা কর।



অনুসন্ধান নং ৬.২

পানির স্ফটনাঙ্ক নির্ণয়।

উদ্দেশ্য : পানির স্ফটন পর্ববেক্ষণ এবং স্ফটনাঙ্কের সাথে তাপমাত্রার সম্পর্ক নির্ণয় করা।

বস্তুগতি : থার্মোমিটার, বার্নার, বিকার, স্টপওয়াচ।

কর্মপদ্ধতি : ১. একটি বিকারে কক তাপমাত্রার পানি দাও এবং বিকারের পানিতে থার্মোমিটারটি এমনভাবে স্থাপন কর যেন বাহ্যিক বিকারের গায়ে না লাগে।

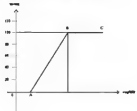
২. বার্নারের সাহায্যে পানিতে জল দাও এবং ১ মিনিট পরপর পানির তাপমাত্রা বৃদ্ধি রেকর্ড কর।

৩. লক্ষ কর পানির তাপমাত্রা 100°C হওয়ার পর আর যতই তাপ বৃদ্ধি করছ তাপমাত্রা বৃদ্ধি পচ্ছে না।

৪. প্রান্ত তথ্যের আলোকে তাপমাত্রা-সময় লেখচিত্র অঙ্কন কর।

৫. লেখচিত্র থেকে পানির স্ফটনাঙ্ক নির্ণয় কর।

৬. লেখচিত্রের প্রকৃতি আলোচনা কর।



তাপমাত্রা বনাম সময় লেখচিত্রে (Graph) অঙ্কন।

অনুশীলনী

ক. বহুনির্বাচনী প্রশ্ন

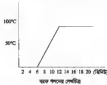
সঠিক উত্তরটির পাশে টিক (✓) চিহ্ন দাও

- ১। গ্লেস লাইন নির্মাণের সময় দুইটি গ্লেস বেখানে মিলিত হয় সেখানে একটু কঁকা রাখা হয় কেন ?
ক. লোহা সঞ্চার করার জন্য।
খ. গ্রীষ্মকালে গ্লেসাইনের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় করার জন্য।
গ. রেলগাড়ি চলার সময় খট খট শব্দ করার জন্য।
ঘ. তাপীয় প্রসারণের জন্য গ্লেস লাইনের বিকৃতি পরিহার করার জন্য।
- ২। ঘর্ষকৃত লেহে পানির বাতাস আরম্ভ হয়ে কেন ?
ক. পানির বাতাস গানের ঘাম ফের হতে সময় না তাই
খ. বাতাসের শীতলতার সৃষ্টি করে তাই
গ. পানির বাতাস শীতল জলীয় বাষ্প ধারণ করে তাই
ঘ. পানির বাতাস সরাসরি লোমকূপ দিয়ে শরীরে ঢুকে যায় তাই।
- ৩। সুশুভ্রতাপের মাধ্যমে –
i. কসতুর তাপমাত্রা বৃদ্ধি হয়।
ii. কসতুর অবস্থার পরিবর্তন হয়।
iii. কসতুর অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি পায়।

নিচের কোনটি সঠিক ?

- ক. i খ. ii গ. ii ও iii ঘ. i, ii ও iii

চিত্রের সাহায্যে ৪ ও ৫ নং প্রশ্নের উত্তর দাও



৪। সম্পূর্ণ বরফ গলতে কত সময় লেগেছিল ?

- ক. 2 মিনিট খ. 4 মিনিট
গ. 6 মিনিট ঘ. 8 মিনিট

৫। গলিত পানির তাপমাত্রা স্ফটনাত্মক পৌঁছাতে প্রয়োজনীয় সময় কত মিনিট

- ক. 6 খ. 8
গ. 12 ঘ. 18

খ. স্বল্পবিশেষ প্রশ্ন

- ১। দুইটি বৈদ্যুতিক হুটির মধ্যকার দূরত্ব 30 m। হুটি দুইটির সাথে 30.001m দৈর্ঘ্যের তামার তার বেধিন সাহায্যে দেওয়া হয় ঐ দিন বায়ুর তাপমাত্রা ছিল 30° C। তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ $16.7 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ । শীতকালে বেধিন বায়ুর তাপমাত্রা 4° C হলো সেদিন তারটি ছিঁড়ে গেল।
ক. পানির ত্রৈধবিন্দুর সজ্জা দাও।
খ. দুইটি কসতুর তাপ সমান হলেও এদের তাপমাত্রা ভিন্ন হতে পারে কি? ব্যাখ্যা কর।
গ. বায়ুর তাপমাত্রাকে ফারেনহাইট স্কেলে প্রকাশ কর।
ঘ. তারটি ছিঁড়ে যাবার কারণ পাবিতিক মুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর।

সপ্তম অধ্যায়
তরঙ্গ ও শব্দ
WAVES AND SOUND



[পুঙ্খুরের পানিতে ডিল ছুঁলে আমরা তরঙ্গ দেখতে পাই। তরঙ্গ শব্দকে এক স্থান থেকে অন্য স্থানে বয়ে নিয়ে যায়। শব্দ এক প্রকার তরঙ্গ। শব্দ শক্তি আমাদেরকে শ্রবণের অনুভূতি জাগায়। শব্দের মাধ্যমেই আমরা ভাব্য শ্রেণণ করতে পারি। তাই শব্দ আমাদের জীবনের সাথে ভক্তপ্রেক্ষভাবে জড়িত। আবার শব্দ দূরত্ব জ্ঞাপনের মারাম্বক কতি করে। এই অধ্যায়ে আমরা তরঙ্গ, শব্দ, শব্দের প্রতিক্রিয়া, শব্দের বেগ, শব্দ দূরত্ব প্রভৃতি নিয়ে আলোচনা করব।]

এই অধ্যায় পাঠ শেষে আমরা—

১. তরঙ্গের বৈশিষ্ট্য ব্যাখ্যা করতে পারব।
২. তরঙ্গসংঘর্ষিত রশ্মিসমূহের মধ্যে সরল গাণিতিক সম্পর্ক স্থাপন এবং পরিমাপ করতে পারব।
৩. শব্দ তরঙ্গের বৈশিষ্ট্য ব্যাখ্যা করতে পারব।
৪. প্রতিক্রিয়া সূত্র ব্যাখ্যা করতে পারব।
৫. সৈলনিল জীবনে প্রতিক্রিয়ার ব্যবহার ব্যাখ্যা করতে পারব।
৬. শব্দের বেগ, কম্পাঙ্ক এবং তরঙ্গ সৈলনের গাণিতিক সম্পর্ক স্থাপন এবং তা থেকে রশ্মিসমূহ পরিমাপ করতে পারব।
৭. শব্দের বেগের পরিবর্তন ব্যাখ্যা করতে পারব।
৮. শ্রবণের সীমা ও এর সীমার কারণ ব্যাখ্যা করতে পারব।
৯. শব্দের গীত ও জীৱতা ব্যাখ্যা করতে পারব।
১০. শব্দ দূরত্বের কারণ ও কন্ট্রোল এক প্রক্রিয়ারে বৌশল ব্যাখ্যা করতে পারব।

৭.১ তরঙ্গ

Waves

পৃথিবীর স্থির পানিতে একটি ঢিল ছুড়ে মারা হলো। ঢিলটি যখন পানিতে আঘাত করে তখন ঐ স্থানের পানির কণাগুলো আন্দোলিত হয়। এই আন্দোলিত কণাগুলো পার্শ্ববর্তী স্থির কণাগুলোকে আন্দোলিত করে। এভাবে কণা হতে কণাতে স্থানান্তরিত হয়ে আন্দোলন অবশেষে পৃথিবীর কিনারায় গিয়ে পৌঁছায়। পানির কণাগুলো খুব উপর নিচে উঠানমা করে কিন্তু সামনের দিকে আসার হয় না। প্রত্যেক কণার এই ধরনের গতির ফলে যে পর্যাবৃত্ত আন্দোলন পানির উপর দিয়ে চলে যায় তাইকেই তরঙ্গ বলে। পানিতে আন্দোলনের কারণে পানির কণাসমূহে যে যান্ত্রিক শক্তির সৃষ্টি হয় তা কণাদের মাধ্যমে একস্থান হতে অন্যস্থানে সঞ্চারিত হয়। সুতরাং তরঙ্গ দ্বারা শক্তি একস্থান থেকে অন্যস্থানে সঞ্চারিত হয়।



চিত্র: ৭.১

যে পর্যাবৃত্ত আন্দোলন কোনো জড় মাধ্যমের একস্থান থেকে অন্যস্থানে শক্তি সঞ্চারিত করে কিন্তু মাধ্যমের কণাগুলোকে স্থায়ীভাবে স্থানান্তরিত করে না তাকে তরঙ্গ বলে।

কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় মাধ্যমে যে তরঙ্গের উদ্ভব হয় তা যান্ত্রিক তরঙ্গ। পানির তরঙ্গ, শব্দ তরঙ্গ প্রকৃতি যান্ত্রিক তরঙ্গ। যান্ত্রিক তরঙ্গ সঞ্চালনের জন্য স্থিতিস্থাপক মাধ্যমের প্রয়োজন। আর এক ধরনের তরঙ্গ আছে যা সঞ্চালনের জন্য কোনো মাধ্যম লাগে না। এরা হলো তড়িৎচৌম্বক তরঙ্গ।

উল্লেখ্য যে বর্তমান অধ্যায়ে আমাদের আলোচনা শুধুমাত্র যান্ত্রিক তরঙ্গের মধ্যে সীমাবদ্ধ রাখা হবে। এখানে তরঙ্গ বলতে স্থিতিস্থাপক মাধ্যমে সৃষ্ট তরঙ্গকে বুঝা হবে।

তরঙ্গের বৈশিষ্ট্যসমূহ নিম্নরূপ

১. মাধ্যমের কণাগুলোর সলন গতির ফলে তরঙ্গ সৃষ্টি হয় কিন্তু কণাগুলোর স্থায়ী স্থানান্তর হয় না।
২. যান্ত্রিক তরঙ্গ সঞ্চালনের জন্য মাধ্যম প্রয়োজন।
৩. তরঙ্গ একস্থান থেকে অন্যস্থানে শক্তি সঞ্চালন করে।
৪. তরঙ্গের বেগ মাধ্যমের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে।
৫. তরঙ্গের প্রতিফলন, প্রতিসরণ ও উপরিপাতন ঘটে।

তরঙ্গের প্রকারভেদ

তরঙ্গ দুই প্রকার: ১) অনুপ্রস্থ তরঙ্গ ২) অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ।

কাহ্ন : চিত্রের ন্যায় একটা লম্বা দড়ি নাও। দড়ির একপ্রান্তে একটি শক্ত অবলম্বনের সাথে আটকাও। অপর প্রান্ত ধরে হাত উপর-নিচে বা ডানে-বায়ে সঞ্চালন কর।

দড়িতে এবার ৭.২ চিত্রের ন্যায় একটি তরঙ্গের সৃষ্টি হবে। লক্ষ কর হাতের সঞ্চালন বা কণার দিক উপর-নিচ বা ডানে-বায়ে কিন্তু তরঙ্গের গতির দিক অনুদৈর্ঘ্য। এখানে কণাদের দিক তরঙ্গের গতির দিকের সাথে আড়াআড়ি বা প্রস্থ বরাবর। এই তরঙ্গই হচ্ছে অনুপ্রস্থ তরঙ্গ। সুতরাং আমরা বলতে পারি, যে তরঙ্গ কণাদের দিকের সাথে লম্বভাবে আসার হয় তাকে অনুপ্রস্থ তরঙ্গ বলে। পানির তরঙ্গ অনুপ্রস্থ তরঙ্গের উদাহরণ।



চিত্র: ৭.২



চিত্র ৭.৩

একটি স্প্রিংকে ৭.৩ চিত্রের ন্যায় আটকানো হলো। একই আয়তায় উক্ত স্থিতির মুক্ত প্রান্ত খসে চিত্রের ন্যায় সামনে-পিছে হাত সঞ্চালন করি। হাত সামনের দিকে নিলে স্প্রিং-এ একটি সংকোচন প্রবাহের সৃষ্টি হবে আবার হাত পিছনের দিকে নিলে একটি প্রসারণ প্রবাহের সৃষ্টি হবে। সংকোচন ও প্রসারণ প্রবাহ সামনের দিকে অগ্রসর হতে থাকে। এখানে হাতের সঞ্চালন বা কম্পন যেলিকে তরঙ্গও সেই দিকে অগ্রসর হয়। অর্থাৎ এখানে কম্পনের দিক এবং তরঙ্গের গতির দিক পরস্পর সমান্তরাল বা একই। সুতরাং আমরা কতে পারি, যে তরঙ্গ কম্পনের দিকের সাথে সমান্তরালভাবে অগ্রসর হয় তাকে অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ বলে। বায়ু মাধ্যমে শব্দের তরঙ্গ অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গের উদাহরণ।

অনুপ্রস্থ তরঙ্গের সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন বিন্দুকে তরঙ্গাধীর্ষ ও তরঙ্গাধাঙ্গ বলে। অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গে অনুরূপ রাশি হচ্ছে সংকোচন ও প্রসারণ।

৭.২ তরঙ্গসংক্রিষ্ট রাশি

Wave related quantities

পূর্ণ সন্দন : তরঙ্গের উপরন্ত কোনো বিন্দু একটি নির্দিষ্ট বিন্দু থেকে বারবার শুরুর ক্ষেত্রে আবার একই দিক থেকে সেই বিন্দুতে ফিরে এসে তাকে একটি পূর্ণ সন্দন বলা হয়।

পরিচালক : যে সময় পরপর তরঙ্গের পুনরাবৃত্তি ঘটে। অর্থাৎ যে সময়ে তরঙ্গের উপরন্ত

কোন বিন্দুর একটি পূর্ণ সন্দন সম্পন্ন হয় তাকে পরিচালক বলে। পরিচালককে T দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এর একক সেকেন্ড (s)।



চিত্র ৭.৪



চিত্র: ৭.৫

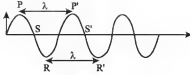
কম্পাঙ্ক : প্রতি সেকেন্ডে বর্তমানে পূর্ণ তরঙ্গ সৃষ্টি হয় তাকে তরঙ্গের কম্পাঙ্ক বলে। তরঙ্গ সৃষ্টি হয় কম্পনশীল বস্তু থেকে তাই কম্পনশীল বস্তুর কম্পাঙ্ক তরঙ্গের কম্পাঙ্কের সমান। কম্পাঙ্কের একক হার্টজ (Hz)। সন্দনশীল কোনো বস্তুকণা এক সেকেন্ডে একটি পূর্ণ সন্দন সম্পন্ন করলে তার কম্পাঙ্ককে 1 Hz বলে। একে f দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$$f = \frac{1}{T}$$

বিস্তার : তরঙ্গ সৃষ্টি হতে হলে মাধ্যমের কণাগুলোর সাম্যাবস্থানের দুই পাশে কম্পিত হতে হবে। সাম্যাবস্থান থেকে যে কোনো একদিকে তরঙ্গস্থিত কোন কণার সর্বাধিক সরণকে বিস্তার বলে। ৭.৫ চিত্রে a হলো বিস্তার।

দশা : কোনো একটি তরঙ্গায়িত কণার যে কোনো মুহূর্তের গতির সামগ্রিক অবস্থা প্রকাশক রাশিকে তার দশা বলে। গতির সামগ্রিক অবস্থা কতে কণার গতির দিক, সরণ, বেগ, ত্বরণ ইত্যাদি বুঝায়। অনুপ্রস্থ তরঙ্গের উর্দ্ধমুখসূঁচ বা নিম্নমুখসূঁচ সর্বদা একই দশার থাকে।

৭.৬ চিত্রে P এবং P' বা R ও R' অবস্থানের কণাগুলো একই দশার আছে।



চিত্র ৭.৬

তরঙ্গ দৈর্ঘ্য : তরঙ্গের উপরস্থ কোনো কণার একটি পূর্ণ কম্পনে যে সময় লাগে সেই সময়ে তরঙ্গ যেটুকু দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বলে। তরঙ্গের উপর একই দশায় আছে এমন পরপর দুইটি কণার মধ্যবর্তী দূরত্বই তরঙ্গ দৈর্ঘ্য। তরঙ্গ দৈর্ঘ্যকে λ দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। এর একক মিটার (m)।

চিত্রে PP' বা RR' বা SS' দৈর্ঘ্য হলো তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ ।

তরঙ্গ বেগ : নির্দিষ্ট দিকে তরঙ্গ এক সেকেন্ডে যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে তরঙ্গ বেগ বলে।

৭.৩ তরঙ্গ সম্প্রিষ্ট করেকটি সম্পর্ক

A few relations related to wave

কম্পাঙ্ক ও পর্যায়কালের মধ্যে সম্পর্ক

আমরা জানি স্পন্দনশীল বস্তুকণা 1 সেকেন্ডে যতটা স্পন্দন সম্পন্ন করে তাকে কম্পাঙ্ক বলে। এই কম্পাঙ্ককে f দ্বারা সূচিত করা হয়। আবার পর্যায়কাল T হলে

T সেকেন্ডে স্পন্দনের সংখ্যা 1টি

1 সেকেন্ডে $\frac{1}{T}$ টি

$$1 \text{ সেকেন্ডের এই স্পন্দন সংখ্যাই কম্পাঙ্ক। সুতরাং কম্পাঙ্ক } f = \frac{1}{T} \quad (7.1)$$

তরঙ্গবেগ ও তরঙ্গদৈর্ঘ্যের মধ্যে সম্পর্ক

আমরা জানি 1 সেকেন্ডে যতগুলো পূর্ণস্পন্দন সম্পন্ন হয় তাকে কম্পাঙ্ক বলে। আবার 1 টি পূর্ণ স্পন্দনের সময়ে তরঙ্গের অতিক্রান্ত দূরত্বকে তরঙ্গদৈর্ঘ্য বলে। সুতরাং তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ হলে,

1 টি পূর্ণ কম্পনের সময়ে তরঙ্গের অতিক্রান্ত দূরত্ব = λ

f টি পূর্ণ কম্পনের সময়ে তরঙ্গের অতিক্রান্ত দূরত্ব = $f\lambda$

যেহেতু কম্পাঙ্ক f তাই f টি পূর্ণ তরঙ্গ তৈরি হয় 1 সেকেন্ডে

সুতরাং 1 সেকেন্ডে তরঙ্গের অতিক্রান্ত দূরত্ব = $f\lambda$

এটাই তরঙ্গবেগ v । সুতরাং তরঙ্গ বেগ

$$v = f\lambda \quad (7.2)$$

পাণিতিক উদাহরণ ৭.১ : একটি বস্তু বাতাসে যে শব্দ সৃষ্টি করে তার তরঙ্গ দৈর্ঘ্য ২০ cm। বাতাসে শব্দের বেগ ৩৪০ m s⁻¹ হলে এর কম্পাঙ্ক ও পর্যায়কাল বের কর।

আমরা জানি,

$$\text{বেগ, } v = f\lambda$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340 \text{ ms}^{-1}}{0.2 \text{ m}} = 1700 \text{ Hz}$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1700 \text{ s}^{-1}} = 0.000588 \text{ s}$$

$$= 5.88 \times 10^{-4} \text{ s}$$

নির্ণেয় কম্পাঙ্ক ১৭০০ Hz ; পর্যায়কাল $5.88 \times 10^{-4} \text{ s}$

সেওয়া আছে,

$$\text{তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}$$

$$\text{শব্দের বেগ, } v = 340 \text{ ms}^{-1}$$

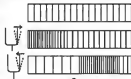
$$\text{কম্পাঙ্ক, } f = ?$$

$$\text{পর্যায়কাল, } T = ?$$

৭.৪ শব্দ তরঙ্গ

Sound wave

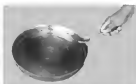
আমরা জানি শব্দ এক প্রকার শক্তি। এই শক্তি সঞ্চালিত হয় শব্দ তরঙ্গের মাধ্যমে। শব্দ তরঙ্গ হলো একটি অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ। এই তরঙ্গ সঞ্চালনের সময় মাধ্যমের কণাপুংগের বা স্তরসমূহের সজেক্টন ও প্রসারণের সৃষ্টি হয় (চিত্র ৭.৭)। মাধ্যম দিয়ে সঞ্চালিত হয়ে এই শব্দতরঙ্গ আমাদের কানে এসে প্রবলের অনুভূতি জাগায়। উল্লেখ্য যে উৎসের কম্পন ছাড়া শব্দের উৎপত্তি হয় না। সুরপলাকা, কাসার বাটি, স্কুন্দের ফটা যখন যখন তখন হাত দিয়ে আস্তে আস্তে স্পর্শ করলে যখনই পরবে যে ওটা ঝাঁপে। যখন তুমি কথা বল তখন যদি তোমার কঠনাদী স্পর্শ কর দেখবে তোমার কঠনাদী ঝাঁপে।



চিত্র ৭.৭

কর্মকণ্ড : একটি কীসার বাটিতে পানি লাভ। বাটিকে আঘাত কর। শব্দ শুনতে পাবে। পানিতে ছুদ্র ছুদ্র ডেউক দেখতে পাবে। এবার হাত দিয়ে বাটিটিকে ধরো। শব্দ কি এখন শুনতে পাবে? পানির ডেউ কি আছে?

যতক্ষণ বাটিটি শব্দ সৃষ্টি করছিল ততক্ষণ সেটি কৈশেই তাই ছুদ্র ছুদ্র তরঙ্গের সৃষ্টি হয়েছে। বাটিটির শব্দ শেমে গেলে তার কম্পনও থেমে গেছে আর ডেউও থেমে গেছে। সুতরাং বোঝা গেল কম্পনও বস্তু শব্দ সৃষ্টি করে। কিন্তু কোনো বস্তু ঝাঁপলেই যে আমরা সেই শব্দ শুনতে পাবোবা এমন কোনো কথা নেই। শব্দের উৎস ও শ্রোতার মাঝে একটি জড় মাধ্যম থাকতে হবে এক উৎসের কম্পাঙ্ক 20Hz থেকে $20,000\text{Hz}$ এর মধ্যে হতে হবে।



চিত্র ৭.৮

শব্দ তরঙ্গের বৈশিষ্ট্য

কোনো বস্তুর কম্পনের ফলে শব্দ তরঙ্গ সৃষ্টি হয় এবং সঞ্চালনের জন্য স্থিতিস্থাপক জড় মাধ্যমের প্রয়োজন হয়। তাই শব্দকে একটি যান্ত্রিক তরঙ্গা কথা হয়। এই তরঙ্গের প্রবাহের দিক এক কম্পনের দিক একই কালে এটি একটি অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ। শব্দ তরঙ্গের বেগ মাধ্যমের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল। বায়বীয় মাধ্যমে এর বেগ কম, তরলে তার চেয়ে বেশি, কঠিন পদার্থে আরো বেশি। শব্দের তীব্রতা তরঙ্গের বিস্তারের বর্গের সমানুপাতিক। অর্থাৎ তরঙ্গের বিস্তার বেশি হলে শব্দের তীব্রতা বেশি হবে। শব্দ তরঙ্গের প্রতিফলন, প্রতিসরণ ও উপরিপাতন সম্ভব। শব্দের বেগ মাধ্যমের তাপমাত্রা ও আর্দ্রতার উপরও নির্ভরশীল।

৭.৫ প্রতিধ্বনি

Echo

নদীর পাড়ে দাঁড়িয়ে শব্দ করলে কিছুক্ষণ পর সেই শব্দের পুনরাবৃত্তি শোনার অভিজ্ঞতা হয়তো আমাদের অনেকেরই আছে। পাহাড় বা দালানের কাছে জোরে শব্দ করলে অনুরূপ ঘটনা ঘটে। বড় স্থানি ঘরের একপ্রান্তে ধ্বনি করলে কিছুক্ষণ পর ঠিক সেই শব্দ শোনা যায়। এসব ঘটনা শব্দের প্রতিফলনের জন্য ঘটে।

যখন কোনো শব্দ মূল শব্দ থেকে আলাদা হয়ে মূল শব্দের পুনরাবৃত্তি করে, তখন ঐ প্রতিফলিত শব্দকে প্রতিধ্বনি বলে। সহজ কথায় প্রতিফলনের জন্য ধ্বনির পুনরাবৃত্তিকে প্রতিধ্বনি বলে।

প্রতিফলকের ন্যূনতম দূরত্ব

কোনো কণাস্থায়ী শব্দ বা ধ্বনি কানে শোনার পর সেই শব্দের রেশ প্রায় $\frac{1}{10}$ সেকেন্ড যাবৎ আমাদের মস্তিষ্কে থেকে যায়। একে শব্দাবৃত্তির স্থায়ীত্বকাল বলে। এই $\frac{1}{10}$ সেকেন্ডের মধ্যে অন্য শব্দ কানে এসে পৌঁছালে তা আমরা আলাদা করে শুনতে পাই না। সুতরাং কোনো কণাস্থায়ী শব্দের প্রতিধ্বনি শুনতে হলে প্রতিফলককে উঠে থেকে এমন দূরত্বে রাখতে হবে যাতে মূল শব্দ প্রতিফলিত হয়ে কানে ফিরে আসতে অন্তত $\frac{1}{10}$ সেকেন্ড সময় নেয়। যদি 0°C তাপমাত্রায় বায়ুতে শব্দের বেগ 332 ms^{-1} ধরা হয় তাহলে $\frac{1}{10}$ সেকেন্ডে শব্দ 33.2 m যায়। সুতরাং

প্রতিফলককে শ্রোতা থেকে কমপক্ষে $\frac{33.2}{2} \text{ m}$ বা 16.6 m দূরত্বে রাখতে হবে।

এবার কল ছেঁড়ে ঘরে শব্দের প্রতিধ্বনি শোনা যায় না কেন?

৭.৬ প্রতিধ্বনির ব্যবহার

Uses of echo

কূপের গভীরতা নির্ণয় : প্রতিধ্বনির সাহায্যে খুব সহজে কূপের মধ্যে পানির উপরিতল কত গভীরে আছে তা নির্ণয় করা যায়। কূপের উপরে কোনো শব্দ উৎপন্ন করলে সেই শব্দ পানি পৃষ্ঠ থেকে প্রতিফলিত হয়ে ফিরে এসে প্রতিধ্বনি শোনা যায়। এখন শব্দ উৎপন্ন করা ও সেই শব্দের প্রতিধ্বনি শোনার মধ্যবর্তী সময় বামা ব্যতির সাহায্যে নির্ণয় করা যায়। ধরা যাক, পানি পৃষ্ঠের গভীরতা h ,

শব্দ উৎপন্ন করা ও প্রতিধ্বনি শোনার মধ্যবর্তী সময় t ,

শব্দের বেগ v ,

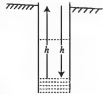
এখন শব্দ উৎপন্ন হওয়ার পর পানি পৃষ্ঠে প্রতিফলিত হয়ে শ্রোতার কাছে ফিরে আসতে যেহেতু $2h$ দূরত্ব অতিক্রম করে

অতএব, $2h = v \times t$

$$\text{বা } h = \frac{v \times t}{2} \quad (7.3)$$

কূপের পানি পৃষ্ঠের গভীরতা 16.6 মিটারের কম হলে, প্রতিধ্বনি তীব্রিক এই পরীক্ষাটি করা সম্ভব হবে না।

একইভাবে কূপের বনিক পদার্থের সম্ভাবন লাভে এ পদ্ধতি ব্যবহার হচ্ছে।



চিত্র: ৭.৯

বায়ুরের পঞ্চাশ

শব্দের প্রতিধ্বনির সাহায্যেই বায়ুর পঞ্চাশ চলে। বায়ুর চেয়ে মেখে না। বায়ুর শব্দোত্তর কণ্ঠ্যকের শব্দ তৈরি করতে পারে আবার শুনতেও পারে। এই শব্দ আমরা শুনতে পাই না। বায়ুর শব্দোত্তর কণ্ঠ্যকের শব্দ তৈরি করে সামনে ছড়িয়ে দেয়। ঐ শব্দ কোনো প্রতিবন্ধকে বাধা পেয়ে আবার বায়ুরের কাছে চলে আসে। ফিরে আসা শব্দ শ্রুনে বুঝতে পারে যে সামনে কোনো বস্তু আছে কিনা। বায়ুর এভাবে তার শিকারও ধরে। যদি বাধা পেয়ে শব্দ



চিত্র : ৭.১০

ফিরে না আসে তবে বুঝতে পারে যে কাঁধা জায়গা আছে, সেই পঞ্চাশ স্ক্রাক সে উড়ে চলে। অনেক সময় বায়ুর বৈদ্যুতিক তারের সঠিক অবস্থান নির্ণয় করতে বর্ষ হয়। কালে সমান্দ্রাল দুই তারের মধ্য দিয়ে উড়ে চলার সময় যখনই ধনাত্মক ও ঋণাত্মক তার (বা সক্রিয় ও নিরপেক্ষ তার) বায়ুরের শরীরের মাধ্যমে সড়খাশ পেয়ে যায় তখনই বায়ুরের শরীরের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় আর সে মারা যায়। এজন্য মাঝেমাঝে বৈদ্যুতিক তারে যুক্ত মরা বায়ুর দেখা যায়।

বায়ুর প্রায় 1,00,000 হার্ড কণ্ঠ্যকের শব্দ তৈরি করতে ও শুনতে পারে।

৭.৭ শব্দের বেগের পরিবর্তন

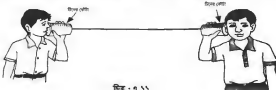
Variation of velocity of sound

শব্দ উৎস থেকে আমাদের কাছে শব্দ আসতে কিছুটা সময় দেয়। প্রতি সেকেন্ডে শব্দ কতটা পঞ্চাশ অতিক্রম করে তাকে শব্দের বেগ বলে। শব্দের বেগ কয়েকটি বিষয়ের উপর নির্ভর করে।

মাধ্যমের প্রকৃতি : বিভিন্ন মাধ্যমে শব্দের বেগ বিভিন্ন। উদাহরণস্বরূপ বায়ু, শানি এবং লোহাতে শব্দের বেগ তিন ভিন্ন ভিন্ন। 20°C তাপমাত্রায় বায়ুতে শব্দের বেগ 344 m s^{-1} , শানিতে 1450 m s^{-1} , আর লোহায় 5130 m s^{-1} । সাধারণভাবে কথা যায় বায়ুতে শব্দের বেগ কম, তারলে তার চেয়ে বেশি আর কঠিন পদার্থে সবচেয়ে বেশি।

নিম্নোক্ত কর : দুইটি খালি টিনের কৌটা নাও। প্রায় বিশ মিটার লম্বা চিকন তার দ্বারা কৌটা দুইটিকে সজু কর। তোমার কান্দু একটা কৌটার মুখ লাগিয়ে কথা বলবে। অন্য কৌটার ডুপি কান লাগিয়ে সেই কথা শোনার চেষ্টা কর।

ডুপি কি কথা শুনতে পারবে? হ্যাঁ শুনতে পারবে। কারণ এখানে শব্দ সঞ্চারিত হচ্ছে তার দ্বারা যা একটি কঠিন পদার্থ।



চিত্র : ৭.১১

তাপমাত্রা: বায়ুর তাপমাত্রা বৃদ্ধি বাড়ে বাহুতে শব্দের বেগও তত বাড়ে। এমনই শীতকাল মাপেরা গ্রীষ্মকালে শব্দের বেগ বেশি।

হিমাঙ্ক কর : 20°C তাপমাত্রায় বায়ুতে শব্দের বেগ 344 m s^{-1} । 0°C তাপমাত্রায় বেগ 332 m s^{-1} । প্রতি 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে বাহুতে শব্দের বেগ কতটুকু বৃদ্ধি পায়।

বায়ুর ঘর্ষণতা : বায়ুর ঘর্ষণতা বৃদ্ধি পেলে শব্দের বেগ বৃদ্ধি পায়। এমনই শূন্য বায়ুর চেয়ে ভেজা বায়ুতে শব্দের বেগ বেশি।

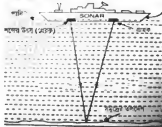
৭.৮ শ্রাব্যতার সীমা ও এদের ব্যবহার

Audibility range and its uses

আমরা জানি, বস্তুটির কম্পন ছড়ান শব্দ উৎপন্ন হয় না। যদি কোনো বস্তু প্রতি সেকেন্ডে কমপক্ষে ২০ বার কম্পন তবে সেই বস্তু থেকে উৎপন্ন শব্দ শোনা যাবে। এভাবে আবার কম্পন যদি প্রতি সেকেন্ডে ২০,০০০ বার এর বেশি হয় তখনো শব্দ শোনা যাবে না। সুতরাং আমাদের কানে যে শব্দ শোনা যায় তার কম্পাঙ্কের সীমা হলো ২০ Hz থেকে ২০,০০০ Hz। কম্পাঙ্কের এই পরিসরকে শ্রাব্যতার পরিসর (Audible Range) বলে। যদি কম্পাঙ্ক ২০ Hz এর কম হয় তবে তাকে শব্দের (Infrasonic) কম্পন বলে। যদি কম্পাঙ্ক ২০,০০০ Hz এর বেশি হয় তবে তাকে শব্দের (Ultrasonic) কম্পন বলে। শব্দের কম্পাঙ্কের শব্দ মানুষের শ্রবণে না পৌঁছেও বায়ুর, জলের, ঘোঁষার দ্বারা কিছু কিছু প্রাণী এ শব্দ উৎপন্ন করতে পারে আবার শ্রবণেও পারে।

শব্দের শব্দের প্রয়োগ ও ব্যবহার

সমুদ্রের গভীরতা নির্ণয়: সমুদ্রের গভীরতা নির্ণয়ের জন্য SONAR নামক যন্ত্র ব্যবহৃত হয়। SONAR এর পুরো নাম Sound Navigation And Ranging। এই যন্ত্রে শব্দের কম্পাঙ্কের শব্দ প্রেরণ ও গ্রহণের ব্যবস্থা আছে।



চিত্র: ৭.১২

পানির মধ্যে এই যন্ত্রের সাহায্যে শব্দের কম্পাঙ্কের শব্দ উৎপন্ন করে প্রেরণ করা হয়। এই শব্দ সমুদ্রের তলদেশে বাধা পেয়ে আবার উপরে উঠে আসলে গ্রহণক যন্ত্রের সাহায্যে গ্রহণ করা হয়। শব্দ প্রেরণ ও গ্রহণের সময় প্রকৃত করে বিরোধ করলে শব্দের ভ্রমণকাল ধরা করা যায়। ধরা যাক এই সময় t এবং সমুদ্রের গভীরতা d । যদি পানিতে শব্দের বেগ v হয় তবে,

$$2d = v \times t$$

$$\text{or, } d = \frac{v \times t}{2}$$

(7.4)

শব্দ যাত্রা ও আসা মিলে $d + d = 2d$ শব্দ অতিক্রম করে। এখন শব্দের বেগ জেনে উপরের সমীকরণের সহায্যে সমস্রের গভীরতা নির্ণয় করা যায়।

কাগজের ময়লা পরিষ্কার করা: গাছকল আধুনিক তরঙ্গিণি যেনিণ বের হয়েহে যায় ঘরোা সহজে কাগজ পরিষ্কার করা যায়। পানির মধ্যে সাবান বা গুড়ো সাবান মিশ্রিত করে কাগজ তিড়িয়ে রেখে সেই পানির মধ্যে শব্দোত্তর কলনের শব্দ প্রেরণ করা হয়। এই শব্দ কাগজের ময়লাকে বাইরে বের করে আনে এবং কাগজ পরিষ্কার হয়ে যায়।

গ্রোথ নির্ণয়ে : মানুষের দেহের অভ্যন্তরীণ ছবি এভাবে ঘরোা যেমন তোলা যায় তেমন শব্দোত্তর কলনের শব্দের সাহায্যে ছবি তুলে গ্রোথ নির্ণয় করা যায়। এই প্রক্রিয়ার নাম আল্ট্রাসোনোগ্রাফি (Ultrasonography)। এই শব্দ দেহের অভ্যন্তর প্রেরণ করা হয় এবং প্রতিফলিত শব্দকে আলোক শক্তিতে রূপান্তর করে টেলিভিশনের পর্দায় ফেলা হয়। কলে কোনো গ্রোথ থাকলে ধরা পড়ে।

চিকিৎসা ক্ষেত্রে : দাঁতের স্কেলিং বা পাথর তোলার জন্য শব্দোত্তর কলনের শব্দ ব্যবহৃত হয়। কিডনির ছোট পাথর তেজে গুলু করে তা অপসারণের কাজেও এই শব্দ ব্যবহৃত হয়।

দণ্ডান্য কাছ: বাতব পিণ্ড বা গতে সূচতম কাটল অনুসন্ধানে, সূচ ইলেক্ট্রনিক যন্ত্রগতি পরিষ্কার করার কাছ, কতিনর রোগধীবাপু ধনসের কাছতে শব্দোত্তর কলনের শব্দ ব্যবহৃত হয়।

শব্দোত্তর কল্লজেকর শব্দের ব্যবহার :

শব্দোত্তর কল্লনের সীমা হচ্ছে 1 Hz থেকে 20 Hz। এই কল্লনের শব্দ মানুষ শুনতে পারনা ভবে কোনো কোনো জীবজন্তু শুনতে পার। হাতি এই কল্লনের শব্দ ঘরোা নিজেদের মধ্যে যোগাযোগ রক্ষা করে চলে। কোনোহুপ বিকৃতি ছাড়া এই শব্দ বহুদূর পর্যন্ত যেতে পারে। ছুঁমিকল্ল এক পারমাণবিক হিস্কেজরণের সময় এই শব্দোত্তর কল্লনের সৃষ্টি হয় এবং প্রকা ছাকুলির মাধ্যমে ধ্বলে বজা ঢালায়।



চিত্র: ৭.১৩

গণিতিক উদাহরণ ৭.২ : নদীর এক পাড়ে দাঁড়িয়ে এক ব্যক্তি হাতডালি লিল। ঐ শব্দ নদীর অপর পাড় থেকে ফিরে এসে 1.5 s পর প্রতিফলি শোণা পেল। ঐ সময় জরুতে শব্দের বেগ 340 m s^{-1} হলে নদীটির প্রশস্ততা কত?

সমাধান : ধরো বাক নদীর প্রশস্ততা d । সুতরাং আমরা পাই,

$$\begin{aligned} 2d &= v \times t \\ \text{অতএব } d &= \frac{v \times t}{2} \\ &= \frac{340 \text{ m s}^{-1} \times 1.5 \text{ s}}{2} \\ &= 255 \text{ m} \end{aligned}$$

সুতরাং নদীর প্রশস্ততা 255 m

এখানে,
বেগ $v = 340 \text{ m s}^{-1}$
সময় $t = 1.5 \text{ s}$,
প্রশস্ততা $d = ?$

৭.৯ সুরযুক্ত শব্দ ও তার বৈশিষ্ট্য

Musical sound and its characteristics

আমরা প্রতিদিন বহুরকম শব্দ শুনতে পাই। রাস্তা দিয়ে যানবাহন চলাচলের শব্দ, হাটবাজারের শব্দ, বর্ষাকালে কৃতি পড়ার শব্দ, বিভিন্ন বায়ুযন্ত্রের শব্দ ইত্যাদি আমরা প্রতিদিন শুনতে থাকি। এসকল শব্দের কিছু কিছু শুনতে সুতিমধুর লাগে আর কিছু কিছু শুনতে সুতিকটু লাগে। অনুভূতির নিক দিয়ে বিচার করলে সুতিমধুর শব্দ হচ্ছে সুরযুক্ত শব্দ।

মূলত শব্দ উৎপন্নের নিয়মিত ও পর্যায়বৃত্ত কাল্পনের ফলে যে শব্দ উৎপন্ন হয় এবং যা আমাদের কানে সুতিমধুর বলে মনে হয় তাকে সুরযুক্ত শব্দ বলে। গিটার, বেহালা, বাশের বঁশি প্রভৃতি বায়ুযন্ত্রের শব্দ সুরযুক্ত শব্দ।

সুরযুক্ত শব্দের বৈশিষ্ট্য

সুরযুক্ত শব্দের তিনটি বৈশিষ্ট্য আছে- প্রাক্য বা তীব্রতা (Loudness or Intensity), তীক্ষ্ণতা (Pitch) এবং গুণ বা জাতি (Quality or Timbre)।

প্রাক্য বা তীব্রতা: প্রাক্য বা তীব্রতা বলতে শব্দ কতটা জোরে হচ্ছে তা বুঝায়। শব্দ বিস্তারের অতিমুখে লম্বভাবে রাখা একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে যে পরিমাণ শব্দ শক্তি প্রবাহিত হয় তাকে শব্দের তীব্রতা বলে। SI পদ্ধতিতে শব্দের তীব্রতার একক Wm^{-2} ।

তীক্ষ্ণতা: সুরযুক্ত শব্দের যে বৈশিষ্ট্য দিয়ে একই প্রবণের খামের সুর এবং চড়া সুরের মধ্যে পার্থক্য বুঝা যায় তাকে তীক্ষ্ণতা বা পীচ বলে। তীক্ষ্ণতা উৎপন্নের কাল্পনের উপর নির্ভর করে। কাল্পনিক যত বেশি হয়, সুর তত চড়া হয় এবং তীক্ষ্ণতা বা পীচ তত বেশি হয়।

গুণ বা জাতি: সুরযুক্ত শব্দের যে বৈশিষ্ট্যের জন্য বিভিন্ন উপস থেকে উৎপন্ন একই প্রাক্য ও তীক্ষ্ণতায়ুক্ত শব্দের মধ্যে পার্থক্য বুঝা যায় তাকে গুণ বা জাতি বলে।

পুরুষের গলার স্বর মেটো কিন্তু নারী ও শিশুর গলার স্বর তীক্ষ্ণ কেন?

মানুষের গলার স্বরযন্ত্রে দুইটি পর্বা আছে এদেরকে বলে স্বরতন্ত্রী বা Vocal Chord। এই তোকা কণ্ঠের কাল্পনের ফলে গলা থেকে শব্দ নির্গত হয় এবং মানুষ কথা বলে। বয়স্ক পুরুষের তোকা কণ্ঠ বয়সের সঙ্গে সঙ্গে দৃঢ় হয়ে পড়ে। কিন্তু শিশু বা নারীদের তোকা কণ্ঠ দৃঢ় থাকে না ফলে বয়স্ক পুরুষের গলার স্বরের কাল্পনিক কম এবং নারী ও শিশুদের স্বরের কাল্পনিক বেশি হয়। তাই পুরুষের গলার স্বর মেটো কিন্তু শিশু বা নারীদের স্বর তীক্ষ্ণ।

৭.১০ শব্দ দূষণ

Noise pollution

পারম্পরিক যোগাযোগ ও ভাব আদানপ্রদানের জন্য শব্দ প্রয়োজন। কিন্তু অপ্রয়োজনীয় শব্দ ও কোলাহল অসহ্য লাগে। বিভিন্ন উপস থেকে উৎপন্ন জোরাহা এক অপ্রয়োজনীয় শব্দ যখন মানুষের সহনশীলতার মর্যাদা ছাড়িয়ে বিরক্তি ঘটায় এবং স্বাস্থ্যের ক্ষতিসাধন করে তখন তাকে শব্দ দূষণ বলে।

মাইকের অব্যবহার, টেলের শব্দ, কোমাবাজি, পটকা ফোটানোর আওয়াজ, কল কারখানার শব্দ, গাড়ির হর্নের আওয়াজ, উচ্চ ভলুমে চালিত টেপ রেকর্ডার ও টেলিভিশনের শব্দ, পুরনো গাড়ির ইঞ্জিনের শব্দ, উড়োজাহাজ ও যুদ্ধ বিমানের তীব্র শব্দ প্রভৃতি শব্দ দূষণের প্রধান কারণ।

অক্সিজেন তীব্র শব্দ ম্যানিক উল্লেখ্যতা বাড়ায় ও মেজাজ বিটবটে করে। শব্দ দুধণ যদি যদি ভাব, ক্ষুধা মন্দা, রক্তচাপ বৃদ্ধি, হৃদপিণ্ড ও মস্তিষ্কের জটিল রোগ, অনিদ্রানিশিত অসুস্থতা, ক্লান্তি ও অবসাদগ্রস্ত হয়ে পড়া, কর্মক্ষমতা হ্রাস, সৃষ্টিশক্তি হ্রাস, মাথা ঘোরা প্রভৃতি ক্ষতিকরক প্রভাব সৃষ্টি করে। হঠাৎ তীব্র শব্দ মানুষের শ্রবণশক্তি নষ্ট করতে পারে।

বর্তমানে শব্দ দুধণ মারাত্মক সমস্যার সৃষ্টি করেছে। এর কবলে পড়ে প্রায়ই অসুস্থ রোগী এবং পরীক্ষার্থীরা অভিগ্রাস্ত হচ্ছে। শব্দ দুধণের হাত থেকে বাঁচার উপায় হলো শব্দ কমানো। এ প্রসঙ্গে আমরা কিছু গদক্ষেপ গ্রহণ করতে পারি। যেকোনো উৎসব বা অনুষ্ঠানে উচ্চস্বরে মাইক বাজানো থেকে বিরত থাকতে হবে। উৎসবে পটকা, ব্যক্তি যুটানো নিষিদ্ধ করতে হবে। গাড়ির হর্ন অথবা বাজানো বা জোরে বাজানো পরিহার করা উচিত। কম শব্দ উৎপাদনকারী ইঞ্জিন বা যন্ত্রপাতি তৈরি এবং শোকাবল থেকে দূরে কলকরখানা ও বিমান বন্দর স্থাপন করেও আমরা শব্দদুধণের হাত থেকে রেহাই পেতে পারি। শহরের মাঝে মাঝে উন্মুক্ত জায়গা রাখা এবং রাস্তার ধারে গাছপালা লাগানো উচিত। কলকরখানার শব্দ শোষণ যন্ত্রের ব্যবহার চালু করে এবং জনসচেতনতা বৃদ্ধি করে শব্দ দুধণ নিয়ন্ত্রণ করা সম্ভব।

অনুশীলনী

ক. বহুনির্বাচনী প্রশ্ন

সঠিক উত্তরটির পাশে টিক (✓) চিহ্ন দাও

১। শব্দ কোন ধরনের তরঙ্গ?

ক. তির্যক তরঙ্গ

খ. তাড়িতচৌম্বক তরঙ্গ

গ. অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ

ঘ. বেতার তরঙ্গ

২। শব্দের বেগ কোন মাধ্যমে সবচেয়ে বেশি।

ক. কঠিন

খ. তরল

গ. গ্যাসীয়

ঘ. প্রাথম্য

৩। বৈদ্যুতিক লাইনে মৃত মানুষ খুলে থাকতে দেখা যায় কেন?

i. বৈদ্যুতিক তারগুলোর অকস্মাৎ এবং মধ্যবর্তী দূরত্ব সম্পর্কে তাৎক্ষণিকভাবে সূক্ষ্ম না থাকায়।

ii. সামনের দিকের শব্দোত্তর তরঙ্গের প্রতিধ্বনি শুনতে না পাওয়ায়।

iii. মানুষ একটি তারে খুলে অপর তারটি স্পর্শ করায়।

নিচের কোন উত্তরটি সঠিক

ক. i ও ii

খ. i ও iii

গ. ii ও iii

ঘ. i, ii ও iii

চিহ্নে S একটি শব্দ উৎস এবং AB পানির পৃষ্ঠতল। শব্দের বেগ 332 m s^{-1}

ধরে নিয়ে এবং পার্শ্বের তথ্য ও চিহ্নের ভিত্তিতে ৪ ও ৫ নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

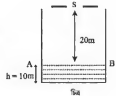
৪. পানির উচ্চতা h এর মান সর্বোচ্চ কত পর্যন্ত প্রতিধ্বনি শোনা যাবে?

ক. 13.40 cm

খ. 13.40 m

গ. 3.4 m

ঘ. 3.4 cm



৫. ক্রান্ত চিত্রের ক্ষেত্রে প্রতিফলিত শুনতে কত সময় প্রয়োজন হবে ?

ক. 0.10 s

খ. 0.12 s

গ. 0.14 s

ঘ. 0.18 s

৬. সূক্ষ্মদীপ প্রশ্ন

১। রাকসান দশম প্রেশির নির্বচনী পরীক্ষা দিচ্ছে। পরের দিন তার পদার্থবিজ্ঞান পরীক্ষা। পরের ব্যক্তিগত বিয়ের অনুষ্ঠান। সেখানে রাত দুইটা পর্যন্ত ছোরে ছোরে গান বাজলো। উক্ত শব্দের জন্য তার পড়াশুনার দৃষ্টি ব্যাঘাত ঘটলো। তার বাবা উত্তরস্বত্বাংশের রোগী। অসুস্থ হয়ে পড়লেন।

ক. শব্দদূষণ কী ?

খ. শব্দদূষণের কারণ ব্যাখ্যা কর।

গ. রাকসানের বাবার কী অসুস্থি বা হতে পারে এবং এ প্রসঙ্গে জনস্বাস্থ্যে শব্দ দূষণের প্রভাব লিখ।

ঘ. রাকসানের এলাকার শব্দদূষণ প্রতিরোধে কী কী ব্যবস্থা নেওয়া যেতে পারে ?

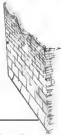
২।

শব্দের কম্পাঙ্ক = 1200 Hz

বায়ুর তাপমাত্রা = 30° C

S শব্দের উৎস

18 m



ক) পর্যায়কৃত গতি কাকে বলে?

খ) পানির ঢেউ অনুসন্বে তরঙ্গ কেন? ব্যাখ্যা কর

গ) শব্দের তরঙ্গ সৈধ্য নির্ণয় কর।

ঘ) S অবস্থান থেকে প্রতিফলিত শোনা সম্ভব কি? গাণিতিক যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর।

অষ্টম অধ্যায়
আলোর প্রতিফলন
REFLECTION OF LIGHT



[আমরা আমাদের চারপাশে নানারকম বস্তু দেখতে পাই। যখন কোনো আলোক উৎস থেকে আলো সরাসরি আমাদের চোখে আসে তখন আমরা উপলব্ধি দেখতে পাই। আবার আলোক উৎস থেকে নির্গত আলো কোনো বস্তুর পৃষ্ঠ থেকে প্রতিফলিত হয়ে যখন আমাদের চোখে আসে তখনও আমরা বস্তুটি দেখতে পাই। আলো হচ্ছে এক প্রকার শক্তি বা বাহ্যিক কারণ যা আমাদের দেখতে সাহায্য করে বা দর্পনের অনুভূতি সৃষ্টি করে। এ অধ্যায়ে আমরা আলোর প্রকৃতি, দর্পণ, আলোর প্রতিফলনের সুরাকী, দর্পণের প্রকারভেদ, দর্পণে কীভাবে প্রতিবিম্ব সৃষ্টি হয়, দর্পণের ব্যবহার ও প্রতিবিম্বের বিবর্ধন সম্পর্কে আলোচনা করব।]

এই অধ্যায় পাঠ শেষে আমরা—

১. আলোর প্রকৃতি ব্যাখ্যা করতে পারব।
২. আলোর প্রতিফলনের সূর ব্যাখ্যা করতে পারব।
৩. দর্পণ ব্যাখ্যা করতে পারব।
৪. প্রতিবিম্ব ব্যাখ্যা করতে পারব।
৫. আলোক রশ্মির ক্রিয়াকৌশল অঙ্কন করে দর্পণে সৃষ্ট প্রতিবিম্ব ব্যাখ্যা করতে পারব।
৬. দর্পণে প্রতিবিম্ব সৃষ্টির কিছু সাধারণ ঘটনা ব্যাখ্যা করতে পারব।
৭. দর্পণের ব্যবহার ব্যাখ্যা করতে পারব।
৮. বিবর্ধন ব্যাখ্যা করতে পারব।
৯. প্রতিবিম্ব সৃষ্টি প্রদর্শন করতে পারব।
১০. আমাদের জীবনে বিভিন্ন আলোকীয় ঘটনার প্রভাব এবং এদের অবদান উপলব্ধি করতে পারব এবং প্রশংসা করতে পারব।

৮.১ আলোর প্রকৃতি

Nature of light

আমরা জানি, আলো হলো এক প্রকার শক্তি যার মাধ্যমে আমরা কোনো বস্তু দেখতে পাই। আমরা যখন কোনো বস্তু দেখি, তখন বস্তু থেকে আলো আমাদের চোখে আসে। চোখে প্রকৃতি আলো চোখের রোটিনায় বস্তুটির প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করে এবং জটিল প্রক্রিয়ার মাধ্যমে আমাদের মস্তিষ্কে বস্তুটির অনুরূপ একটি বস্তুর অনুভূতি সৃষ্টি করে। প্রাচীনকাল হতে মানুষ আলোর প্রকৃতি সম্পর্কে জ্ঞান লাভের চেষ্টা করে আসছে। এক সময় ধারণা করা হতো আমাদের চোখ হতে আলো কোনো বস্তুর উপর পড়ে, তাই আমরা সেই বস্তু দেখতে পাই। আসলে যখন কোনো বস্তু থেকে আলো আমাদের চোখে আসে, তখনই কেবল আমরা সেই বস্তু দেখতে পাই।

আলোর প্রধান প্রধান ধর্মগুলো নিম্নরূপ:

১. কোনো স্বচ্ছ সমসত্ত্ব মাধ্যমে আলো সরলপথে চলে।
২. কোনো নির্দিষ্ট মাধ্যমে আলো একটি নির্দিষ্ট বেগে চলে। শূন্যস্থানে এই বেগের মান, $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ ।
৩. আলোর প্রতিফলন, প্রতিসরণ, ব্যক্তিচারণ, অপবর্তন, বিচ্ছুরণ এবং সমবর্তন ঘটে।
৪. আলো এক প্রকার শক্তি।
৫. আলো এক ধরনের তড়িতচৌম্বক তরঙ্গ।
৬. কোনো কোনো ঘটনায় আলো তরঙ্গের ন্যায়, আবার কখনো কখনো আলো কণার ন্যায় আচরণ করে।

৮.২ আলোর প্রতিফলন

Laws of reflection of light

আমরা আমাদের চারপাশে অনেক রকম বস্তু দেখে থাকি। এদের কোনোটি চারদিকে আলো ছড়ায় আবার কোনোটি আলো ছড়ায় না। যে সকল বস্তু যেমন—সূর্য, তারা, জ্বলন্ত মোমবাতি, দন্ধত্র ইত্যাদি নিজে থেকে আলো নিঃসরণ করে তাদেরকে বলা হয় দীপ্তিমান বস্তু। আবার যে সকল বস্তু যেমন—মানুষ, পাখালা, টেবিল, সোফা, ছবি, চক বোর্ড ইত্যাদির নিজের আলো নেই বা নিজে আলো নিঃসরণ করতে পারে না তাদেরকে বলা হয় দীপ্তিহীন বস্তু। যখন দীপ্তিমান বস্তু থেকে আলো আমাদের চোখে আসে তখন আমরা সেই বস্তুটি দেখতে পাই। আমাদের চারপাশে যে সকল সাধারণ বস্তু দেখতে পাই সেগুলো দীপ্তিমান বস্তু নয়, তবুও আমরা সেগুলো দেখতে পাই। এর কারণ হচ্ছে আলোর প্রতিফলন। ৮.১ চিত্রে তোমরা দেখতে পাচ্ছে কীভাবে আমরা একটি দীপ্তিমান বস্তু (সূর্য) এবং একটি দীপ্তিহীন বস্তুকে (বিড়াল) দেখতে পাই। চোখ দীপ্তিমান বস্তুটিকে দেখতে পায় কেননা এটি থেকে আলো সরাসরি চোখে প্রবেশ করে। দীপ্তিমান বস্তু থেকে আসা আলো বিড়াল থেকে প্রতিফলিত হয়ে আমাদের চোখে প্রবেশ করে বলে বিড়ালটি আমরা দেখতে পাই।



একটি স্ফটিক ও সমতল মাধ্যমে (যেমন—কাচ) আলোকরশ্মি সরলপথে এবং একই বেগে চলে। কিন্তু আলোকরশ্মি যখন এক মাধ্যমে দিয়ে চলতে চলতে অন্য এক মাধ্যমের কোনো তলে আপতিত হয় তখন দুই মাধ্যমের বিভেদতল হতে কিছু পরিমাণ আলো আবার প্রথম মাধ্যমে ফিরে আসে। এ ঘটনাকে আলোর প্রতিফলন বলে। যে পৃষ্ঠ হতে আলোকরশ্মি প্রতিফলিত হয়ে ফিরে আসে তাকে প্রতিফলক পৃষ্ঠ বলে।

প্রতিফলনের সূত্র

আপতিত রশ্মি এবং প্রতিফলিত রশ্মি দুইটি স্ফটিক সূত্র মেনে চলে—

১. প্রথম সূত্র: আপতিত রশ্মি, প্রতিফলিত রশ্মি এবং আপতন বিন্দুতে প্রতিফলকের উপর অঙ্কিত অভিলম্ব একই সমতলে অবস্থান করে।
২. দ্বিতীয় সূত্র: প্রতিফলন কোণ আপতন কোণের সমান হয়।



চিত্র ৮.২: আলোর প্রতিফলন

যখন আলো কোনো পৃষ্ঠ থেকে প্রতিফলিত হয় তখন তা অবশ্যই প্রতিফলনের সূত্র মেনে চলে। কোনো পৃষ্ঠ থেকে কীভাবে আলো প্রতিফলিত হবে তা নির্ভর করে প্রতিফলকের পৃষ্ঠের প্রকৃতির উপর। প্রতিফলক পৃষ্ঠের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে প্রতিফলনকে দুইভাবে ভাগ করা যায়। যথা—

১. নিয়মিত বা সুবহ প্রতিফলন
২. ব্যস্ত বা অনিয়মিত প্রতিফলন

১. নিয়মিত প্রতিফলন

যদি একগুচ্ছ সমান্তরাল আলোকরশ্মি কোনো মসৃণ তলে আপতিত হয়ে প্রতিফলনের পর সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ বা অভিসারী বা অপসারী রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হয় তবে এ ধরনের প্রতিফলনকে আলোর নিয়মিত প্রতিফলন বলে। উদাহরণ হিসেবে ক্যা যায়— যদি একগুচ্ছ সমান্তরাল আলোকরশ্মি কোনো সমতল দর্পণে বা খুব ভালোভাবে গালিশ করা কোনো ধাতব পৃষ্ঠে আপতিত হয়, তবে প্রতিফলনের পরেও রশ্মিগুচ্ছ সমান্তরাল থাকে। এ ক্ষেত্রে রশ্মিগুচ্ছের প্রত্যেকটি আলোকরশ্মির আপতন কোণের মান সমান এবং নিয়মিত প্রতিফলনের ফলে প্রত্যেকটি রশ্মির প্রতিফলন কোণেরও মান সমান হয় [চিত্র: ৮.৩]।



চিত্র ৮.৩: নিয়মিত প্রতিফলন



চিত্র ৮.৪ : ব্যস্ত প্রতিফলন

২. ব্যাস্ত প্রতিফলন

যদি একগুচ্ছ সমান্তরাল আলোকরশ্মি কোনো ভলে আপতিত হয়ে প্রতিফলনের পর আর সমান্তরাল না থাকে বা অতিসারী বা অপসারী রশ্মিগুচ্ছে পরিণত না হয় তবে এ ধরনের প্রতিফলনকে আলোর ব্যাস্ত বা অনিয়মিত প্রতিফলন বলে।

৮.৪ চিত্রে দেখা যাচ্ছে যে, একগুচ্ছ সমান্তরাল আলোকরশ্মি একটি অমসৃণ তলে আপতিত হচ্ছে। এক্ষেত্রে রশ্মিগুলো অমসৃণ তলের বিভিন্ন আপতন বিন্দুতে বিভিন্ন আপতন কোণে আপতিত হয়, ফলে এসবল রশ্মির আনুবর্তিক প্রতিফলন কোণগুলোও বিভিন্ন হয়। যার ফলে প্রতিফলিত রশ্মিগুলো আর সমান্তরাল থাকে না। আমাদের চারপাশে যে সকল বস্তু দেখতে পাই, তাদের অধিকাংশের পৃষ্ঠ মসৃণ নয়। ফলশ্রুতিতে আমাদের চোখে যে সকল প্রতিফলিত রশ্মি প্রবেশ করে তারা ব্যাস্ত প্রকৃতির। যার ফলে বস্তুগুলো আমাদের নিকট উজ্জ্বল না হয়ে অনুজ্জ্বল দেখায়। খসি চোখে দেখা অধিকাংশ পৃষ্ঠ আপতদৃষ্টিতে মসৃণ মনে হলেও প্রকৃতপক্ষে এ সকল পৃষ্ঠ মসৃণ নয়। যখন অনুবর্তিকন যন্ত্র দ্বারা এ সকল পৃষ্ঠ দেখা হয় তখন তা যোকা যায়।

৮.৩ দর্পণ

Mirror

দর্পণ হলো এমন একটি মসৃণ তল যেখানে আলোর নিয়মিত প্রতিফলন ঘটে। দর্পণে আলোর প্রতিফলনের ফলে দর্পণের সামনে স্থাপিত বস্তুটির একটি স্পষ্ট প্রতিবিম্ব গঠিত হয়।

একটি মসৃণ তলে প্রতিফলক আস্তরণ দিয়ে দর্পণ প্রস্তুত করা হয়। সাধারণত কাচের এক পৃষ্ঠে ধাতুর প্রলেপ লাগিয়ে দর্পণ তৈরি করা হয়। কাচের উপর পারদ বা হুপার প্রলেপ লাগানোর এই প্রক্রিয়াকে ‘পার্য লাগানো’ বা সিলভারিং করা হয়। ধাতুর প্রলেপ লাগানো পৃষ্ঠের বিপরীত পৃষ্ঠটি প্রতিফলক পৃষ্ঠ হিসেবে কাজ করে। এছাড়াও স্থির পানি পৃষ্ঠ, মসৃণ স্রবক ইত্যাদিও দর্পণের ন্যায় কাজ করে থাকে।

দর্পণ প্রধানত দুই প্রকার। যথা—

১. সমতল দর্পণ

২. গোলায় দর্পণ

সমতল দর্পণ

প্রতিফলক পৃষ্ঠটি যদি মসৃণ ও সমতল হয় এবং তাতে আলোর নিয়মিত প্রতিফলন ঘটে তবে সে পৃষ্ঠকে সমতল দর্পণ বলে। আমরা সচরাচর যে দর্পণ বা আয়না ব্যবহার করে থাকি। সেটি হলো সমতল দর্পণ।

গোলায় দর্পণ

প্রতিফলক পৃষ্ঠটি যদি মসৃণ এবং গোলায় হয় অর্থাৎ প্রতিফলক পৃষ্ঠটি যদি কোনো গোলকের অংশবিশেষ হয় এবং তাতে আলোর নিয়মিত প্রতিফলন ঘটে তবে তাকে গোলায় দর্পণ বলে। ৮.৫ ও ৮.৬ চিত্রে গোলকীয় দর্পণ দেখানো হয়েছে। একটি কাচের কাঁপা গোলকের খানিকটা অংশ কেটে নিয়ে যদি তার এক পৃষ্ঠে পার্য লাগানো হয়, তবে গোলায় দর্পণ তৈরি হয়। গোলায় দর্পণ আবার দুই প্রকার। যথা—

১. অবতল দর্পণ

২. উত্তল দর্পণ

অবতল দর্পণ: কোনো গোলকের অবতল পৃষ্ঠ যদি প্রতিফলকরূপে কাজ করে অর্থাৎ আলোর নিয়মিত প্রতিফলন যদি গোলায় দর্পণের অবতল পৃষ্ঠ হতে সংঘটিত হয় তবে সে দর্পণকে অবতল দর্পণ বলে। এক্ষেত্রে গোলকের কেটে নেয়া অংশের উত্তল পৃষ্ঠে পার্য লাগিয়ে অবতল দর্পণ তৈরি করা হয় (চিত্র: ৮.৫)। অবতল দর্পণ একটি অতিসারী দর্পণ কেননা

সমান্তরাল আলোকরশ্মি অবতল দর্পণে আপতিত হওয়ার পর প্রতিফলিত হয়ে একটি বিন্দুতে অতিসারিত হয় বা একত্রে মিলিত হয়।



চিত্র: ১.৫



চিত্র: ১.৬

উত্তল দর্পণ: কোনো গোলকের উত্তল পৃষ্ঠ যদি প্রতিফলকরূপে কাজ করে অর্থাৎ আলোর নিয়মিত প্রতিফলন যদি গোলায় দর্পণের উত্তল পৃষ্ঠ হতে সংঘটিত হয়, তবে সে দর্পণকে উত্তল দর্পণ বলে। একেই গোলকের কেটে নেওয়া অংশের অবতল পৃষ্ঠে অর্থাৎ ভিতরের দিকে পারা লাগিয়ে উত্তল দর্পণ তৈরি করা হয়। (চিত্র: ১.৬)।

উত্তল দর্পণ একটি অপসারী দর্পণ, কারণ সমান্তরাল আলোকরশ্মি উত্তল দর্পণে আপতিত হয়ে প্রতিফলিত হবার পর অপসারী রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হয় অর্থাৎ ছড়িয়ে পড়ে এবং কখনই একটি বিন্দুতে মিলিত হয় না।

গোলায় দর্পণ সংজ্ঞা করেছি সত্য!

মেহু (Pole): গোলায় দর্পণের প্রতিফলক পৃষ্ঠের মধ্যবিন্দুকে দর্পণের মেহু বলে। ১.৭ চিত্রে P দর্পণের মেহু। অবতল দর্পণের ক্ষেত্রে প্রতিফলক পৃষ্ঠের সবচেয়ে নিম্ন বিন্দু এবং উত্তল দর্পণের ক্ষেত্রে প্রতিফলক পৃষ্ঠের সবচেয়ে উচ্চ বিন্দুই দর্পণের মেহু।

অকতার কেন্দ্র: গোলায় দর্পণ যে গোলকের অংশবিশেষ, সেই গোলকের কেন্দ্রকে ঐ দর্পণের অকতার কেন্দ্র বলে। ১.৭ চিত্রে C বিন্দু দর্পণের অকতার কেন্দ্র।

অকতার ব্যাসার্ধ: গোলায় দর্পণ যে গোলকের অংশ, সেই গোলকের ব্যাসার্ধকে ঐ দর্পণের অকতার ব্যাসার্ধ বলে। ১.৭ চিত্রে PC বা MC হলো গোলায় দর্পণের অকতার ব্যাসার্ধ। অকতার ব্যাসার্ধকে r দ্বারা প্রকাশ করা হয়।



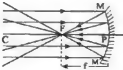
চিত্র: ১.৭

প্রধান অক্ষ: গোলায় দর্পণের মেহু ও অকতার কেন্দ্রের মধ্য দিয়ে অতিক্রমকারী সরলরেখাকে দর্পণের প্রধান অক্ষ বলে। ১.৮ চিত্রে PC সরলরেখা হলো দর্পণের প্রধান অক্ষ।

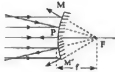
গৌণ অক্ষ: মেহু বিন্দু বাহিত দর্পণের প্রতিফলক পৃষ্ঠের উপরস্থ যেকোনো বিন্দু ও অকতার কেন্দ্রের মধ্য দিয়ে অতিক্রমকারী সরলরেখাকে গৌণ অক্ষ বলে। ১.৭ চিত্রে $P'C$ সরলরেখা দর্পণের গৌণ অক্ষ।

প্রধান ফোকাস: প্রধান অক্ষের নিকটবর্তী ও সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছে কোনো গোলায় দর্পণে আপতিত হয়ে প্রতিফলনের পর প্রধান অক্ষের উপর যে বিন্দুতে মিলিত হয় (অবতল দর্পণ) বা যে বিন্দু থেকে অপসৃত হচ্ছে বলে মনে হয় (উত্তল

দর্পণে) তাকে ঐ দর্পণের প্রধান কেন্দ্রস বলে। ৮.৮ ও ৮.৯ চিত্রে F বিন্দু হলো বর্ধকসে অবতল ও উত্তল দর্পণের প্রধান কেন্দ্রস।



চিত্র : ৮.৮



চিত্র : ৮.৯

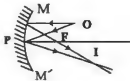
কেন্দ্রস দূরত্ব : গোলায় দর্পণের মেরু বিন্দু থেকে প্রধান কেন্দ্রস পর্যন্ত দূরত্বকে কেন্দ্রস দূরত্ব বলে। একে f দ্বারা প্রকাশ করা হয়। ৮.৮ ও ৮.৯ চিত্রে PF হলো কেন্দ্রস দূরত্ব। গোলায় দর্পণের কেন্দ্রস দূরত্ব অর্ধব্যাসার্ধের সমান, অর্থাৎ $f = \frac{r}{2}$ ।

কেন্দ্রস তল : গোলায় দর্পণের প্রধান কেন্দ্রসের মধ্য দিয়ে প্রধান অক্ষের সাথে লম্বভাবে যে সমতল কল্পনা করা হয় তাকে কেন্দ্রস তল বলে।

৮.৪ প্রতিবিম্ব

Image

ছবি বসন কোনো দ্রাব্যের দিকে আলো, তখন ছবি সিলেক্টে দেখতে পাই। এটাই জোয়ার প্রতিবিম্ব। শুধু দ্রাব্যনা কেন, ছবি যখন কোনো পুঙ্খ বা সলীর পড় দিয়ে যেটো আলো তখনও পানির মধ্যে জোয়ার প্রতিবিম্ব দেখতে পাই।



চিত্র : ৮.১০

চিত্র : ৮.১০-এ অবতল দর্পণের সম্মুখে O একটি বিন্দু লক্ষ্যবস্তু। O হতে প্রধান অক্ষের সমান্তরাল রশ্মি OM দর্পণে আপতিত হয়ে প্রধান কেন্দ্রস দিয়ে MFI পথে প্রতিফলিত হয়। OP রশ্মি দর্পণের মেরুবিন্দু P তে আপতিত হয়ে প্রতিফলনের পর PI পথে যায়। প্রতিফলিত রশ্মি দুটি I বিন্দুতে ছেদ করে। এই I বিন্দুই হলো O বিন্দুর প্রতিবিম্ব।



চিত্র : ৮.১১

চিত্র ৮.১১-এ O সমতল দর্পণের সামনে অবস্থিত একটি বিন্দু লক্ষ্যবস্তু। O হতে OT রশ্মি অভিলম্বভাবে দর্পণে আপতিত হয় এবং TO পথে প্রতিফলিত হয়। OQ রশ্মি তীর্যকভাবে দর্পণে আপতিত হয় এবং QR পথে প্রতিফলিত হয়। এ রশ্মি দুইটি অপসারী হওয়ার রশ্মিগুলোকে পিছনের দিকে বর্ধিত করলে এগুলো I বিন্দুতে মিলিত হয়। অর্থাৎ প্রতিফলিত রশ্মিগুলো দর্পণের পিছনে I বিন্দু থেকে অপসারিত হচ্ছে বলে মনে হয়। এই I বিন্দুই হলো O বিন্দুর প্রতিবিম্ব।

কোনো বিন্দু হতে নির্গত আলোকরশ্মিগুচ্ছ কোনো তলে প্রতিফলিত বা প্রতিসারিত হবার পর বিতীয় কোনো বিন্দুতে মিলিত হয় বা বিতীয় কোনো বিন্দু হতে অপসারিত হচ্ছে বলে মনে হয়, তখন ঐ বিতীয় বিন্দুটিকে প্রথম বিন্দুর প্রতিবিম্ব বলে। একটি বস্তু হলো অসংখ্য বিন্দুর সমষ্টি। ফলে বিন্দুর ন্যায় বস্তুরও প্রতিবিম্ব গঠিত হয়।

প্রতিবিম্বের প্রকারভেদ

ভূমি যখন আয়নায় তোমার চেহারা দেখ, তখন আয়নার পিছনে তোমার প্রতিবিম্ব দেখতে পাও। আলোর প্রতিফলনের জন্য এমনটি ঘটে। আয়নায় দেখা তোমার এতদূর প্রতিবিম্ব সত্যিকার অর্থে আলো মিলিত হয় না। এ ধরনের প্রতিবিম্বকে বলে অবাস্তব প্রতিবিম্ব। আর যে সকল প্রতিবিম্ব আলো সত্যিকার অর্থে মিলিত হয় (যেমন- সিনেমার পর্দায় ফেলা কোনো দৃশ্য) সেগুলোকে বলা হয় বাস্তব প্রতিবিম্ব। ডিজিটাল ক্যামেরার পর্দায় তেলে উঠা ছবি হলো বাস্তব প্রতিবিম্ব। বাস্তব প্রতিবিম্ব পর্দায় ফেলা যায় কিন্তু অবাস্তব প্রতিবিম্ব পর্দায় ফেলা যায় না। প্রতিবিম্ব দুই প্রকারের হয়—

(ক) বাস্তব প্রতিবিম্ব

(খ) অবাস্তব প্রতিবিম্ব

(ক) বাস্তব প্রতিবিম্ব: কোনো বিন্দু হতে নিঃসৃত আলোক রশ্মিগুচ্ছ কোনো তলে প্রতিফলিত বা প্রতিসারিত হবার পর যদি বিতীয় কোনো বিন্দুতে প্রকৃতপক্ষে মিলিত হয় তাহলে ঐ বিতীয় বিন্দুটিকে প্রথম বিন্দুর বাস্তব প্রতিবিম্ব বলে। চিত্র : ৮.১০ এ I হলো প্রতিফলনের জন্য বাস্তব প্রতিবিম্ব।

(খ) অবাস্তব প্রতিবিম্ব: কোনো বিন্দু হতে নিঃসৃত আলোক রশ্মিগুচ্ছ কোনো তলে প্রতিফলিত বা প্রতিসারিত হবার পর যদি বিতীয় কোনো বিন্দু থেকে অপসারিত হচ্ছে বলে মনে হয়, তবে ঐ বিতীয় বিন্দুটিকে প্রথম বিন্দুর অবাস্তব প্রতিবিম্ব বলে। চিত্র : ৮.১১ এ I হলো প্রতিফলনের জন্য সৃষ্ট অবাস্তব প্রতিবিম্ব।

৮.৫ দর্পণে বস্তুর প্রতিবিম্ব

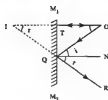
Image in a mirror

আমরা জনি দর্পণ দুই প্রকার। (ক) সমতল দর্পণ এবং (খ) গোলায় দর্পণ। সমতল এবং গোলায় দর্পণে কীভাবে প্রতিবিম্ব সৃষ্টি হয় তা আমরা আলোচনা করব।

সমতল দর্পণে সূঁচ প্রতিবিম্ব

(ক) বিন্দু লক্ষবস্তু

চিত্র ৮.১২ এ M_1M_2 সমতল দর্পণের সামনে O একটি বিন্দু লক্ষবস্তু। O থেকে OT রশ্মি অভিলম্বভাবে দর্পণে আপতিত হয় এবং TO পথে ফিরে আসে। OQ রশ্মি দর্পণে তীর্যকভাবে আপতিত হয় এবং QR পথে প্রতিফলিত হয়। প্রতিফলিত রশ্মি QR এবং TO সিঁছনে বর্ধিত করলে এরা I বিন্দুতে মিলিত হয়। অর্থাৎ প্রতিফলিত রশ্মি দুইটি যেন দর্পণের সিঁছনে অবস্থিত I বিন্দু থেকে আসছে। অতএব, এই I বিন্দুই হলো O বিন্দুর অবাস্তব প্রতিবিম্ব।



চিত্র : ৮.১২

Q বিন্দুতে QN অভিলম্ব আঁকা হলো।

চিত্রে TO এবং QN সমান্তরাল। OQ ছেদক।

$$\therefore \angle TOQ = \angle OQN = i \quad (8.1)$$

আবার, OI এবং QN সমান্তরাল, RQI সরলরেখা এদের ছেদক।

$$\therefore \angle TIQ = \angle NQR = r \quad (8.2)$$

আমরা জানি, $i = r$

\therefore (8.1) ও (8.2) সযীকরণ হতে পাই,

$$\angle TOQ = \angle TIQ$$

এখন, $\triangle QOT$ এবং $\triangle QIT$ এর মধ্যে,

$$\angle TOQ = \angle TIQ, TQ \text{ সাধারণ বাহু,}$$

$$\text{এক } \angle QTO = \angle QTI = 90^\circ$$

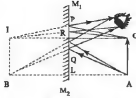
সুতরাং, ত্রিভুজদ্বয় সর্বসম।

সুতরাং, $TO = TI$

অর্থাৎ, লক্ষবস্তু O দর্পণের যত সামনে অবস্থিত, প্রতিবিম্ব I দর্পণের ঠিক ততটা সিঁছনে গঠিত হয়।

(খ) বিস্তৃত লক্ষবস্তু

কিন্তু লক্ষবস্তুর ন্যায় বিস্তৃত লক্ষবস্তুর জন্যও প্রতিবিম্ব আঁকা যায়। এক্ষেত্রে, বিস্তৃত লক্ষবস্তুকে অন্যতরো কিশুর সমষ্টি হিসেবে গণ্য করতে হবে। এক্ষেত্রে, প্রত্যেক কিশুর জন্য দর্পণের পিছনে অবাস্তব প্রতিবিম্ব গঠিত হয় [চিত্র : ৮.১৩]।



চিত্র : ৮.১৩

চিত্রে AO লক্ষবস্তু এবং এর প্রতিবিম্ব BI দেখানো হয়েছে। O এবং A হতে M_1M_2 দর্পণের উপর লম্ব টানা হলো। এরা দর্পণকে যথাক্রমে R এবং L বিন্দুতে ছেদ করে। এখন OR এবং AL কে পিছনের দিকে যথাক্রমে I এবং B পর্যন্ত বর্ধিত করা হলো যেন $OR = IR$ এবং $AL = BL$ হয়।

O এবং A হতে দুইটি করে রশ্মি তীব্রভাবে দর্পণে আপতিত হয়ে প্রতিফলিত হয়। প্রতিফলিত রশ্মি দুইটিকে পেছনের দিকে বর্ধিত করলে এগুলো যথাক্রমে I ও B বিন্দু থেকে আসছে বলে মনে হয়। I ও B যোগ করা হলো। তাহলে BI ই হলো সমতল দর্পণে গঠিত AO লক্ষবস্তুর অবাস্তব প্রতিবিম্ব।

সমতল দর্পণে সৃষ্ট প্রতিবিম্বের আকার লক্ষবস্তুর আকারের সমান হয়।

সমতল দর্পণে গঠিত প্রতিবিম্বের বৈশিষ্ট্য

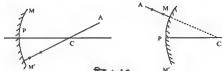
সমতল দর্পণে সৃষ্ট প্রতিবিম্বের নিম্নলিখিত বর্ণনাসমূহ রয়েছে:

১. সমতল দর্পণ থেকে কতুর দূরত্ব বত, দর্পণ থেকে প্রতিবিম্বের দূরত্বও তত।
২. প্রতিবিম্বের আকার লক্ষবস্তুর আকারের সমান।
৩. প্রতিবিম্ব অবাস্তব এবং নোনা।

গোলীয় দর্পণে সৃষ্ট প্রতিবিম্ব

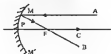
গোলীয় দর্পণ ভা অতল হোক কিংবা উত্তল হোক, এদের সামনে কোনো বস্তু রাখলে দর্পণে তার প্রতিবিম্ব সৃষ্টি হয়। এই প্রতিবিম্বের অবস্থান, আকৃতি ও প্রকৃতি জানতে হলে, বস্তু থেকে নিম্নসূত আলোক রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলনের পর কোনো দিকে প্রতিফলিত হবে তা জানা মরকার। নিম্নবর্ণিত তিনটি রশ্মির যেকোনো দুইটি ব্যবহার করে আমরা গোলীয় দর্পণে প্রতিবিম্ব আঁকতে পারি।

১. গোলীয় দর্পণের ব্যাসার্ধ বরাবর আপতিত রশ্মি প্রতিফলনের পর পুনরায় সেই পথেই ফিরে আসে [চিত্র : ৮.১৪]।

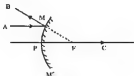


চিত্র : ৮.১৪

২. অবতল দর্পণের প্রধান অক্ষের সমান্তরালে আপতিত রশ্মি প্রতিফলনের পর প্রধান ফোকাস দিয়ে যায়; [চিত্র: ৮.১৫ক] উত্তল দর্পণের প্রধান অক্ষের সমান্তরালে আপতিত রশ্মি প্রতিফলনের পর প্রধান ফোকাস হতে আসছে বলে মনে হয় [চিত্র: ৮.১৫খ]।



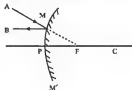
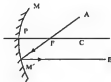
(ক)



(খ)

চিত্র : ৮.১৫

৩. অবতল দর্পণের প্রধান ফোকাসের মধ্য দিয়ে আপতিত রশ্মি প্রধান অক্ষের সমান্তরালে প্রতিফলিত হয়; উত্তল দর্পণের প্রধান ফোকাস অতিক্রম করে আপতিত রশ্মি প্রতিফলনের পর প্রধান অক্ষের সমান্তরাল হয়। [চিত্র : ৮.১৬]।



চিত্র : ৮.১৬

অবতল দর্পণে প্রতিবিম্ব: গোলায় দর্পণে গঠিত প্রতিবিম্বের অবস্থান, আকৃতি ও প্রকৃতি দর্পণের সামনে অবস্থিত লক্ষকতুর অবস্থানের উপর নির্ভর করে। লক্ষকতুর অবস্থানের পরিবর্তন হলে প্রতিবিম্বের অবস্থান, আকৃতি ও প্রকৃতিরও পরিবর্তন ঘটে।

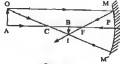
লক্ষকতুকে অসীম এবং প্রধান ফোকাসের মধ্যে দর্পণের সামনে যেখানেই রাখা হোক না কেন সৃষ্ট প্রতিবিম্ব সর্বদা বাস্তব ও উল্টো হবে। আবার লক্ষকতুকে প্রধান ফোকাস ও মেইলুর মধ্যে স্থাপন করা হলে গঠিত প্রতিবিম্ব হবে অবাস্তব এবং সোজা। নিম্নে অবতল দর্পণে সৃষ্ট বাস্তব এবং অবাস্তব প্রতিবিম্ব বর্ণনা করা হলো:

বাস্তব প্রতিবিম্ব

ধরা যাক MPM' একটি অবতল দর্পণ। P হলো এর মেইলু এবং F প্রধান ফোকাস এবং C বক্রতার কেন্দ্র। দর্পণের সামনে প্রধান অক্ষের উপর লম্বভাবে অবস্থিত লক্ষকতু AO ।

O কিন্তু থেকে একটি রশ্মি OM প্রধান অক্ষের সমান্তরালে দর্পণের M বিন্দুতে আপতিত হয়ে প্রধান ফোকাসের মধ্য দিয়ে MI গবে প্রতিফলিত হয়। O হতে অপর একটি রশ্মি OCM' বক্রতার কেন্দ্র C বরাবর দর্পণে আপতিত হয়ে প্রতিফলনের পর সেই একই পথে ফিরে যায়। প্রতিফলনের পর রশ্মি দুইটি/ বিন্দুতে প্রসূতগক্ষে মিলিত হয়। সুতরাং / হলো O বিন্দুর বাস্তব প্রতিবিম্ব। A থেকে প্রধান অক্ষ বরাবর আপতিত রশ্মি ঐ পথেই ফিরে যায়। ফলে A এর

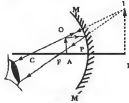
প্রতিবিম্ব ঐ ত্রৈখর উপরই হবে। I থেকে প্রধান অক্ষের উপর IB লম্ব অঙ্কন করি। BI ই হলো লক্ষবস্তু OA এর বাস্তব প্রতিবিম্ব [চিত্র: ৮.১৭]।



চিত্র : ৮.১৭

প্রতিবিম্বের প্রকৃতি হলো বাস্তব ও উল্টো।

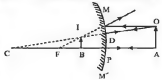
অবাস্তব প্রতিবিম্ব: চিত্র : ৮.১৮ এ লক্ষবস্তু প্রধান ফোকাস এবং মেটুর মধ্যে অবস্থিত। O বিন্দু থেকে একটি রশ্মি প্রধান অক্ষের সমান্তরালে আপতিত হয়ে প্রধান ফোকাসের মধ্য দিয়ে প্রতিফলিত হয় এবং অপর একটি রশ্মি বক্রতার ব্যাসার্ধ বিন্দুর দর্পণে আপতিত হয়ে প্রতিফলনের পর সেটি একই পথে ফিরে যায়। প্রতিফলনের কালে রশ্মি দুইটি পরস্পর অপসারী রশ্মিতে পরিণত হয়। রশ্মি দুইটিকে পিছনের দিকে বাড়ালে এরা I বিন্দু থেকে আসছে বলে মনে হয়। অর্থাৎ, I বিন্দুই হলো O বিন্দুর অবাস্তব প্রতিবিম্ব। I বিন্দু থেকে প্রধান অক্ষের উপর IB লম্ব টানা হলো। সুতরাং BI হলো বস্তুটির অবাস্তব ও সোজা প্রতিবিম্ব।



চিত্র : ৮.১৮

সুট প্রতিবিম্বের অকথান হলো দর্পণের পিছনে, প্রকৃতি অবাস্তব, সোজা এবং আকারে বিবর্ধিত অর্থাৎ বস্তুটির চেয়ে আকারে বড়।

(খ) উত্তল দর্পণে প্রতিবিম্ব: আমরা জানি, অবতল দর্পণে লক্ষবস্তু অকথানের উপর নির্ভর করে বাস্তব অথবা অবাস্তব প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। কিন্তু উত্তল দর্পণ সর্বদা বস্তুটির অবাস্তব প্রতিবিম্ব গঠন করে। এই প্রতিবিম্ব সকলের লোজা এবং বস্তুটির চেয়ে আকারে ছোট হয়। চিত্র: ৮.১৯ এ MPM' একটি উত্তল দর্পণ। C এর বক্রতার কেন্দ্র, F প্রধান ফোকাস এবং P দর্পণের মেতু। AO লক্ষবস্তু দর্পণের সামনে প্রধান অক্ষের উপর লম্বভাবে অবস্থিত। O বিন্দু থেকে প্রধান অক্ষের সমান্তরাল OM রশ্মি দর্পণে আপতিত হয়। প্রতিফলনের পর রশ্মিটি দর্পণের প্রধান ফোকাস F থেকে অপসৃত হচ্ছে বলে মনে হয়। অপর একটি রশ্মি OD দর্পণের বক্রতার কেন্দ্র ব্যাসের লম্বভাবে আপতিত হয়ে একই পথে প্রতিফলিত হয়। এখন এই অপসারী প্রতিফলিত রশ্মি দুইটিকে পিছনের দিকে বাড়িয়ে দিলে এরা I বিন্দুতে হেল করে এবং I বিন্দু থেকে আসছে বলে মনে হয়। সুতরাং, I



চিত্র : ৮.১৯

বিন্দুই হলো O বিন্দুর অব্যবহৃত প্রতিবিম্ব। এখন I বিন্দু থেকে প্রধান অক্ষের উপর IB লম্ব অঙ্কন করা হলো। এই BI হলো লক্ষকব্ধ AO -এর অব্যবহৃত প্রতিবিম্ব। প্রতিবিম্ব দর্পণের পিছনে গঠিত হয় এবং তা অব্যবহৃত, সোজা এবং আকারে লক্ষকব্ধের চেয়ে ছোট হয়। লক্ষকব্ধকে ভ্রমণ দর্পণের নিকটে আনা হলে প্রতিবিম্বও দর্পণের কাছে সরে আসবে এবং প্রতিবিম্বের আকৃতি ভ্রমণ বদ্ধ হতে থাকবে তবে তা সর্বদাই কব্ধের আকারের চেয়ে ছোট থাকবে।

কোনো নির্দিষ্ট দর্পণের অর্থাৎ নির্দিষ্ট ফোকাস দূরত্ব f এর গোলায়দর্পণের সামনে u দূরত্বে যদি কোনো লক্ষকব্ধ থাকে তাহলে যে অবস্থানে প্রতিবিম্ব সৃষ্টি হবে তার দূরত্ব v নিম্নোক্ত সমীকরণ থেকে পাওয়া যায়,

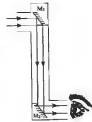
$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

এ সমীকরণে মান কমানোর ক্ষেত্রে অবতল দর্পণের জন্য f এর মান ধনাত্মক। উত্তল দর্পণের জন্য f এর মান ঋণাত্মক এবং u এর মান ধনাত্মক বসাতে হবে। হিসাব করে v এর মান ধনাত্মক হলে প্রতিবিম্বটি কব্ধে আর ঋণাত্মক হলে প্রতিবিম্বটি অব্যবহৃত।

৮.৬ সমতল ও গোলায় দর্পণে প্রতিবিম্ব সৃষ্টির কিছু সাধারণ ঘটনা

১. সরল পেরিস্কোপ: দূরের কোনো জিনিস সোজাসুজি দেখতে বাধা থাকলে পেরিস্কোপ ব্যবহার করা হয়। একটি সরল পেরিস্কোপ দুইটি সমতল দর্পণ দ্বারা গঠিত। আলোর ক্রমিক প্রতিফলন ব্যবহার করে এ যন্ত্র তৈরি করা হয়।

৮.২০ চিত্রে একটি সরল পেরিস্কোপ দেখানো হয়েছে। একটি লম্বা অস্বাভাবিক কাঁচ বা ধাতব নলের মধ্যে দুইটি সমতল দর্পণকে পরস্পরের সমান্তরাল এবং নলের অক্ষের সাথে 45° কোণ করে রাখা হয়। দূরের কব্ধ থেকে সমান্তরাল আলোকরশ্মি প্রথমে M_1 দর্পণে অভিসন্ধের সাথে 45° কোণে আপতিত হয়। আপতিত রশ্মি M_1 দর্পণ দ্বারা 45° কোণে প্রতিফলিত হয়ে নলের অক্ষ বরাবর এসে M_2 দর্পণে আপতিত হয়। আলোক রশ্মি M_2 দর্পণে পুনরায় প্রতিফলিত হয়ে অনুভূমিকভাবে চোখে পড়ে বলে কব্ধটি দেখা যায়।



চিত্র : ৮.২০

সমতল দর্পণ ব্যবহার করে এভাবে আলোক রশ্মির দিক পরিবর্তন করে যা আমরা সরাসরি দেখতে পাই না এমন কব্ধকেও দেখতে পাই।

জীড়ের মধ্যে ফেলা সেখা, উঁচু দেয়ালের উপর দিয়ে সেখা, পল্লু সৈন্যের প্রতিবিম্ব পর্যবেক্ষণ ইত্যাদি কাছে পেরিস্কোপ ব্যবহার করা হয়। ছুবোঁকাছোঁকে বিজয় ব্যবহার করে আরো উন্নত ধরনের পেরিস্কোপ ব্যবহার করা হয়।

২. সেনুনে সমতল দর্পণ: সেনুনে বা পর্গায়ে চুল কটানোর সময় আমরা সামনে ও পেছনে সমতল দর্পণ দেখতে পাই। সামনের দর্পণে আমরা মাথার সম্মুখভাগ দেখতে পাই। মাথার পেছনে অবস্থিত দর্পণে মাথার পেছনের অংশের প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। এই প্রতিবিম্ব সামনের দর্পণের জন্য অব্যবহৃত কব্ধ হিসেবে কাজ করে এবং সামনের দর্পণে পুনরায় প্রতিবিম্ব গঠন করে। কলে সামনে অবস্থিত দর্পণে আমরা মাথার পশ্চাদভাগও দেখতে পাই।

৩. চিকিৎসা ক্ষেত্রে অবতল দর্পণ: দাঁতের চিকিৎসকরা দাঁত পরীক্ষা করার কাছে অবতল দর্পণ ব্যবহার করেন। দাঁত পরীক্ষা করার সময় দর্পণটিকে দাঁতের বেশ নিকটে ধরা হয়। কলে দর্পণে দাঁতের একটি অব্যবহৃত ও বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। এ ছাড়া নাক-আন-পালা বিভাগের চিকিৎসকরাও বিভিন্ন প্রয়োজনে অবতল দর্পণ ব্যবহার করে থাকেন।

৮.৭ দর্পণের ব্যবহার

Uses of mirrors

বিভিন্ন ধরনের দর্পণ আমরা বিভিন্ন কাজে ব্যবহার করে থাকি। এগুলো নিম্নে বর্ণনা করা হলো:

সমতল দর্পণ

১. সমতল দর্পণের সাহায্যে আমরা আমাদের চেহারা দেখি।
২. চোখের ডাক্তারগণ রোগীর দৃষ্টি শক্তি পরীক্ষা করার জন্য বর্ণমালা পাঠের সুবিধার্থে সমতল দর্পণ ব্যবহার করে থাকেন।
৩. সমতল দর্পণ ব্যবহার করে পেরিস্কোপ তৈরি করা হয়।
৪. গহাড়ি রাস্তার বাকের দুইটানা এড়াতে এটি ব্যবহার করা হয়।
৫. বিভিন্ন আনন্দোৎসব যন্ত্রাঙ্গতি যেমন- টেলিস্কোপ, তত্তারহেড প্রজেক্টর, লেন্সার তৈরি করতে সমতল দর্পণ ব্যবহার করা হয়।
৬. নটিক, চলচ্চিত্র ইত্যাদির স্টুডিও এর সময় সমতল দর্পণ দিয়ে আলো প্রতিফলিত করে কোনো স্থানের উচ্ছল্য বৃদ্ধি করা হয়।

অবতল দর্পণ

১. সুবিধানক আকৃতির অবতল দর্পণ ব্যবহার করে মুখমতলের বিবর্ধিত এবং সোজা প্রতিবিম্ব তৈরি করা হয়, এতে তুণচর্চা ও নীড়ি কীটার সুবিধা হয়।
২. দম্বত চিকিৎসকগণ অবতল দর্পণ ব্যবহার করেন।
৩. প্রতিফলক হিসেবে অবতল দর্পণ ব্যবহার করা হয়। যেমন- টর্চলাইট, স্টিমার বা লক্ষের সার্চলাইটে অবতল দর্পণ ব্যবহার করে গতিপথ নির্ধারণ করা হয়।
৪. অবতল দর্পণের সাহায্যে আলোকপত্রি, তাপপত্রি ইত্যাদি কেন্দ্রীভূত করে কোনো বস্তুকে উত্তপ্ত করতে ব্যবহার করা হয়। এছাড়াও এটি রাস্তার এক টিটি সত্বেকত সজ্জাহে ব্যবহৃত হয়। যেমন- ডিশ এন্টেনা, সৌরচুল্লী, টেলিস্কোপ এবং রাস্তার সজ্জাহক ইত্যাদি।
৫. অবতল দর্পণের সাহায্যে আলোক রশ্মিগুচ্ছকে একটি কিসুতে কেন্দ্রীভূত করা যায় বলে ডাক্তারগণ চোখ, নাক, কান ও গলা পরীক্ষা করার সময় এ দর্পণ ব্যবহার করেন।

উত্তল দর্পণ

১. উত্তল দর্পণ সর্বদা অকসতব, সোজা এবং বর্ধিত প্রতিবিম্ব গঠন করে বিধায় শেছনের যানবাহন বা পথচারী সেবার জন্য গাড়িতে এবং বিয়ের সময় ভিট মিরর হিসেবে এ দর্পণ ব্যবহার করা হয়।
২. উত্তল দর্পণের সাহায্যে বিসৃত্ত এলাকা দেখতে পরা যায় বলে লোকান বা শপিমেলে নিরাপত্তার কাজে উত্তল দর্পণ ব্যবহার করা হয়।
৩. প্রতিফলক টেলিস্কোপ তৈরিতে এ দর্পণ ব্যবহৃত হয়।
৪. এ দর্পণ বিসৃত্ত এলাকায় আলোকরশ্মি ছড়িয়ে দেয় বলে রাস্তার বাতিতে প্রতিফলকবূশে ব্যবহৃত হয়।

৮.৮ নিরাপদ ড্রাইভিং

Safe driving

নিরাপদে গাড়ি, মোটর সাইকেল ইত্যাদি যানবাহন চালানোর জন্য চালককে অনেক কিছু শেখাল করতে হয়। প্রথমেই তাকে গাড়ির সকল ব্যক্তি ছলিয়ে এগুলো ঠিক আছে কিনা তা পরীক্ষা করে নিতে হয়। নিখুত এবং নিরাপদ গাড়ি চালাতে হলে চালককে শূণ্যমাত্র গাড়ির সামনে কী আছে তা লেখলেই চলে না। বরং গাড়ির পিছনে কী আছে এ ব্যাপারেও সজ্জা থাকতে হয়। গাড়ির জন্য দর্পণগুলো অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ এবং অপরিহার্য অঙ্গ। এজন্য গাড়ি চালককে গাড়িতে উঠার পরপরই দর্পণগুলোকে ঠিকমত উপযোজন করতে হয়।

৮.৯ পাহাড়ি রাস্তার অদৃশ্য বাঁক

Blind turns on hilly roads

নিরাপদ গাড়িচালনা সকল গাড়িচালকের জন্য অবশ্যই কর্তব্য। এছাড়া খরাপ আবহাওয়া যেমন- বৃষ্টিপাত, কুয়াশার মাঝে গাড়ি চালানো আরও কঠিন কাম। বিশেষত পাহাড়ি রাস্তার গাড়ি চালানো অত্যধিক ঝুঁকিপূর্ণ। কেননা পার্শ্বীয় সড়ক যেমন আকাঁইকা, তেমনি যথেষ্ট উঁচু নিচু চিহ্ন : ৮.২১। পাহাড়ি রাস্তার গাড়িচালনার জন্য অনেক সময় 90° কোণে বাঁক নিতে হয়। এই বাঁক নেওয়ার সময় যথেষ্ট সাবধানতা অবলম্বন করতে হবে। অদৃশ্য বাঁকে বিপরীত দিক থেকে আসা গাড়ির চালক পরস্পরকে দেখতে পান না, এছাড়া বাঁকের অপর পাশে কী আছে তা আদৌ তারা জানেন না। এ সমস্যা সমাধানের জন্য বিশৃঙ্খলক বাঁকে 85° কোণে বৃহৎ আকৃতির সমতল দর্পণ বসানো হয়। এর ফলে গাড়িচালকগণ বাঁকের আশেপাশে সবকিছু দেখতে পান এবং নিরাপদে গাড়ি চালাতে সক্ষম হন। মনে রাখতে হবে, পাহাড়ি রাস্তার বাঁকে কখনো জোরে গাড়ি চালানো ঠিক নয়। এছাড়া জয়ুরি কোনো কাজ না থাকলে রাস্তার কোর পাহাড়ি রাস্তায় গাড়ি চালানো উচিত নয়। কেননা আলোক স্বরতর জন্য রাস্তার কোর দৃষ্টিহীনতা অনেক কমে যায়।



চিত্র : ৮.২১

৮.১০ বিবর্ধন

Magnification

আমরা যখন কোনো দর্পণ বা লেন্সে সৃষ্টি প্রতিবিম্ব দেখি, তখন সেটি লক্ষবস্তুর তুলনায় বড়, ছোট বা সমান আকারের হতে পারে।

কোনো দর্পণ বা লেন্সে গঠিত প্রতিবিম্ব বস্তুর চেয়ে আকারে কতটুকু বড় বা ছোট বিবর্ধন দ্বারা তা পরিমাপ করা হয়। অন্যভাবে বলা যায় প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য ও লক্ষবস্তুর দৈর্ঘ্যের অনুপাতকে রৈখিক বিবর্ধন বা সংক্ষেপে বিবর্ধন বলে।

যদি I দৈর্ঘ্যের একটি বস্তুর জন্য কোনো দর্পণ বা লেন্সে I' দৈর্ঘ্যের একটি প্রতিবিম্ব গঠিত হয় তবে ঐ বস্তুর বিবর্ধন হবে I' ও I এর অনুপাতের সমান।

$$\text{অর্থাৎ, } m = \frac{I'}{I} \quad (8.3)$$

বিবর্ধনকে লক্ষবস্তুর দৈর্ঘ্য ও প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্যের সাহায্যে নিম্নোক্তভাবে প্রকাশ করা যায়,

$$m = -\frac{v}{u}$$

u এবং v এর যথাযথ চিহ্নসংকেতার মান বসালে m যদি ঋণাত্মক হয় তাহলে প্রতিবিম্বটি পোখা হবে। আর m ঋণাত্মক হলে প্রতিবিম্ব উল্টা হবে।

বিবর্ধন m এর মান থেকে আমরা প্রতিবিম্ব লক্ষবস্তুর তুলনায় কতটুকু বড় বা ছোট তা জানতে পারি।

অনুলক্ষ্যন : ৮.১

অবতল দর্পণ ব্যবহার করে প্রতিবিম্ব সৃষ্টি ও প্রদর্শন

উদ্দেশ্য : ল্যাবরেটরিতে অবতল দর্পণ ব্যবহার এবং বাস্তব প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করা।

যন্ত্রপাতি : একটি অবতল দর্পণ।

কাজের ধারা :

১. একটি অবতল দর্পণ নাও।
২. দর্পণটি নিয়ে তোমার ল্যাবরেটরির সরঞ্জাম অথবা জানাশার নিকট দাঁড়াও।
৩. এবার দর্পণটিকে বাহিরের কোনো সূর্য যেমন-গাছপালা, দালান ইত্যাদির দিকে ধরো।
৪. দর্পণটিকে ডানে বামে নড়াচড়া করে তোমার খুব নিকটবর্তী মনুষ্য দেয়ালে ঐ দৃশ্যের প্রতিবিম্ব তৈরি কর।
৫. প্রতিবিম্বটিকে সঠি করার জন্য দর্পণটিকে দেয়াল হতে সামনে বা পিছনে সরো।
৬. কোনো একটি নির্দিষ্ট দূরত্বে তুমি কতুর সঠি প্রতিবিম্ব দেয়ালে দেখতে পাবে।
৭. এভাবে দূরের কতুর সঠি প্রতিবিম্ব দেয়ালে প্রদর্শন করা যাবে।
৮. প্রতিবিম্বের প্রকৃতি আশেচনা কর।

অনুশীলনী

ক. বহুনির্বাচনী প্রশ্ন

সঠিক উত্তরের পার্শ্বে টিক (✓) চিহ্ন দাও

১. উত্তল দর্পণ কোথায় ব্যবহার হয়?

ক. গাড়িতে

খ. টর্চ লাইটে

গ. সৌরচুল্লিতে

ঘ. রাস্তায়ে

২. প্রতিফলন কত প্রকার?

ক. ৪

খ. ৩

গ. ২

ঘ. ১

৩. সমতল দর্পণে সৃষ্ট প্রতিবিম্ব—

i. আকারে লক্ষ কতুর সমান

ii. পর্দায় গঠন করা যায়

iii. দর্পণ থেকে কতুর দূরত্বের সমান দূরত্বে গঠিত হয়।

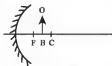
নিচের কোনটি সঠিক?

ক. i ও ii

খ. ii ও iii

গ. i ও iii

ঘ. i, ii ও iii



চিত্রের আলোকে ৪ ও ৫ নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

৪. BO কতুর প্রতিবিম্বের আকৃতি কিরূপ হবে—

ক. বিবর্ধিত

খ. বর্ধিত

গ. অত্যন্ত বিবর্ধিত

ঘ. অত্যন্ত বর্ধিত

৫. BO কতুর প্রতিবিম্বের অবস্থান কোথায় হবে?

ক. ফোকাস ও মেরুর মাঝে

খ. প্রধান ফোকাসে

গ. বক্রতার কেন্দ্রে

ঘ. বক্রতার কেন্দ্র ও অসীমের মাঝে।

৬. সূক্ষ্মদীপ প্রস্তু

১।



ক) সমতল দর্পণ কী?

খ) দর্পণের পিছনে থাকুর প্রলেপ ছাওয়ানো হয় কেন?

গ) চিত্র ঐকে দর্পণ থেকে PQ কতুর প্রতিবিম্বের অবস্থান নির্ণয় কর।

ঘ) প্রতিবিম্ব গঠনের ক্ষেত্রে ১এক ২নম্বর দর্পণের তুলনা কর।

২।



ক) প্রতিবিম্ব কাকে বলে?

খ) দর্পণে দৃশ্যভাবে আশ্রিত রশ্মি একইপথে ফিরে আসে কেন?

গ) চিত্রের আলোকে প্রতিফলন কোণের মান নির্ণয় কর

ঘ) PQ দর্পণে গঠিত প্রতিবিম্ব অবাস্তব চিত্রসহ ব্যাখ্যা কর।

গ. সাধারণ প্রশ্ন

১। আলোর প্রতিফলন কালে কী বোঝ?

২। নিয়মিত প্রতিফলন ও ব্যাস্ত প্রতিফলন কালে কী বোঝ?

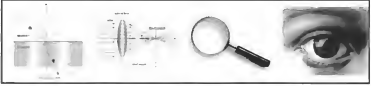
৩। দর্পণ কাকে বলে?

৪। প্রতিবিম্ব কাকে বলে? প্রতিবিম্ব কয় প্রকার ও কী কী?

৫। অবতল দর্পণে কীভাবে বাস্তব প্রতিবিম্ব সৃষ্টি হয় তা রশ্মি চিত্রের সাহায্যে দেখাও।

৬। অবতল দর্পণে কীভাবে অবাস্তব প্রতিবিম্ব সৃষ্টি হয় তা চিত্রসহ বর্ণনা কর।

নবম অধ্যায়
আলোর প্রতিসরণ
REFRACTION OF LIGHT



[একটা লাঠিকে ডির্বিভাবে পানির মধ্যে ছুঁতালে বীকা দেখায়। জল তরঙ্গ স্নান পানির সিকে উপর থেকে তাকালে জন্মেয় তলা উপরে উঠেছে বলে মনে হয়। এসব ঘটনা আমরা মৈনশিন জীবনে সিচরই লক্ষ করেছি। এ ঘটনাপুণের মূলে রয়েছে আলোর একটা বিশেষ বর্ষ যা হচ্ছে 'প্রতিসরণ'। প্রতিসরণের একটা বিশেষ ঘটনা হচ্ছে পূর্ণ অভ্যাস্তরীণ প্রতিফলন। পূর্ণ অভ্যাস্তরীণ প্রতিফলনের জন্যই মহাবৃহিতে মহাভিকার সৃষ্টি হয়, বীজককে উদ্ধল দেখায়, অণ্টিক্যাল কাইবারের সাহায্যে তথ্য লংকত ফ্রেন করা হয়। আমরা অনেকই সৃষ্টির জুটি সূত্র করার জন্য চপমা ব্যবহার করে থাকি। এই চপমার কচ্চ একটা লেন। আমরা এই অধ্যায়ে এসব বিষয় আলোচনা করব।]

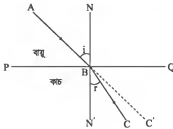
এই অধ্যায় পাঠ শেষে আমরা –

১. প্রতিসরণের সূত্র ব্যাখ্যা করতে পারব
২. প্রতিসরণাঙ্ক ব্যাখ্যা করতে পারব
৩. পূর্ণ অভ্যাস্তরীণ প্রতিফলন ব্যাখ্যা করতে পারব
৪. অণ্টিক্যাল কাইবারের ব্যবহার ব্যাখ্যা করতে পারব
৫. লেন এবং এর প্রকারভেদ ব্যাখ্যা করতে পারব
৬. আলোকরশ্মির রিফ্রাক্স অঙ্কন করে লেন সঙ্কলিত বিভিন্ন রূপি বর্ণনা করতে পারব
৭. লেনে সৃষ্টি প্রতিবিম্ব আলোক রশ্মির রিফ্রাক্স অঙ্কন করে বর্ণনা করতে পারব
৮. লেনের ক্ষমতা ব্যাখ্যা করতে পারব
৯. আলোক রশ্মির রিফ্রাক্স অঙ্কন করে চোখের রিফ্রাক্স ব্যাখ্যা করতে পারব
১০. সল্ট দর্পনের নিকটতম বিশু ব্যাখ্যা করতে পারব
১১. সৃষ্টির জুটি ব্যাখ্যা করতে পারব
১২. আলোক রশ্মির রিফ্রাক্স অঙ্কন করে সৃষ্টির জুটি সংশোধনে লেনের ব্যবহার ব্যাখ্যা করতে পারব
১৩. রঙিন বস্তু আলোকীয় উপলব্ধি ব্যাখ্যা করতে পারব
১৪. মৈনশিন জীবনে আলোর প্রতিসরণের ব্যবহার ব্যাখ্যা করতে পারব

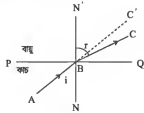
৯.১ আলোর প্রতিসরণ

Refraction of light

চিত্র ৯.১ লক্ষ কর। এখানে বায়ু এবং কাচ দুইটি মাধ্যম দেখানো হয়েছে। আলোক রশ্মি বায়ু মাধ্যমে AB পথে এসে মাধ্যমদ্বয়ের বিভেদতল PQ এর B বিন্দুতে তির্যকভাবে আপতিত হলে। সেখান থেকে সেখানে আলো কাচের মধ্যে BC পথে যেতো কিন্তু তা না ঘোরে BC পথে বেকে গিয়েছে। আলোক রশ্মির এই বেকে যাবার ঘটনাই হচ্ছে প্রতিসরণ। সুতরাং আলোক রশ্মি এক স্বচ্ছ মাধ্যমের থেকে ভিন্ন স্বচ্ছ মাধ্যমে তির্যকভাবে প্রবেশ করলে দুই মাধ্যমের বিভেদতলে এর দিক পরিবর্তিত হয়। আলোক রশ্মির এই দিক পরিবর্তনের ঘটনাকে আলোর প্রতিসরণ বলে।



চিত্র : ৯.১



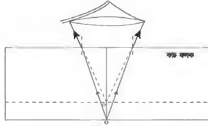
চিত্র : ৯.২

চিত্র ৯.১ এ AB আপতিত রশ্মি, BC প্রতিসৃত রশ্মি এবং NN' , B বিন্দুতে PQ এর উপর অঙ্কিত অভিলম্ব। $\angle ABN$ কে আপতন কোণ i এবং $\angle N'BC$ কে প্রতিসরণ কোণ r বলে।

বিভিন্ন মাধ্যমে আলোর বেগ বিভিন্ন তাই মাধ্যম পরিবর্তনের সময় আলোর প্রতিসরণ ঘটে। আলোক রশ্মি হালকা মাধ্যম (যেমন বায়ু) থেকে ঘন মাধ্যমে (যেমন কাচ) প্রতিসৃত হলে প্রতিসৃত রশ্মি অভিলম্বের দিকে বেকে যায় অর্থাৎ $i > r$ । আবার বিপরীতভাবে ঘন মাধ্যম থেকে আলোক রশ্মি হালকা মাধ্যমে প্রতিসৃত হলে (চিত্র ৯.২) আলোক রশ্মি অভিলম্ব থেকে দূরে বেকে যাবে। অর্থাৎ একেদ্রে $r > i$ ।

করে দেখ : একটি সাদা কাগজের উপর একটি বিন্দু O লাগ এবং তার উপর একটি স্বচ্ছ কাচের ফলক রাখ। কী দেখলে?

O বিন্দু O' বিন্দুতে উঠে এসেছে। আলোর প্রতিসরণের জন্য এতদূর ঘটে। O বিন্দু থেকে আগত আলোক রশ্মি ঘন মাধ্যম থেকে এসে হালকা মাধ্যমে প্রতিসৃত হয় (চিত্র ৯.৩) ফলে অভিলম্ব থেকে প্রতিসৃত রশ্মিদুটো দূরে বেকে যায়। প্রতিসৃত রশ্মিদুটোকে পিছনে বর্ধিত করলে O' বিন্দু থেকে আসছে বলে মনে হয়। O' বিন্দু O বিন্দুর অবাস্তব প্রতিবিম্ব। তাই উপর থেকে দেখলে O বিন্দু O' বিন্দুতে উঠে এসেছে বলে মনে হয়।



চিত্র : ৯.৩

আলোর প্রতিসরণের সূত্র

আমরা ইতোমধ্যে চিত্র : ৯.১ (এখানে চিত্র : ৯.৪) এ লক্ষ্য করছি AB আপতিত রশ্মি, BC প্রতিসৃত রশ্মি এবং NBN' , B বিন্দুতে PQ এর উপর অঙ্কিত অভিলম্ব। $\angle ABN$ কে আপতন কোণ i এবং $\angle N'BC$ কে প্রতিসরণ কোণ r বলে।

এখন যদি আপতন কোণ বৃদ্ধি করা হয় তবে প্রতিসরণ কোণও বৃদ্ধি পাবে। কিন্তু প্রতিসরণ কোণ আপতন কোণের সমানুপাতিক হবে না, অর্থাৎ আপতন কোণ i বিগুণ করলে প্রতিসরণ কোণ r বিগুণ হবে না। লেখা গেছে i_1, i_2, i_3, \dots আপতন কোণের অন্য প্রতিসরণ কোণ যথাক্রমে r_1, r_2, r_3, \dots ইত্যাদি হলে, $\frac{\sin i_1}{\sin r_1} =$

$\frac{\sin i_2}{\sin r_2} = \frac{\sin i_3}{\sin r_3} = \dots =$ ধ্রুবক হবে। এই ধ্রুবকটির মান

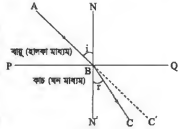
নির্ভর করবে আপতন ও প্রতিসরণ মাধ্যমের প্রকৃতি এবং আপতিত

আলোর বর্ণের উপর। আবার লেখা যাচ্ছে AB, BC এবং অভিলম্ব NBN' তিনটি রেখাই তোমার খঁয়ের পৃষ্ঠার সমতলে আছে। এর থেকে দেখা যায় আলোর প্রতিসরণ সিমেন্টে দুইটি সূত্র মেনে চলে।

প্রথম সূত্র : আপতিত রশ্মি, প্রতিসৃত রশ্মি এবং আপতন বিন্দুতে অভিলম্বের উপর অঙ্কিত অভিলম্ব একই সমতলে অবস্থান করে।

দ্বিতীয় সূত্র : একমাত্র নির্দিষ্ট মাধ্যম এক নির্দিষ্ট বর্ণের আলোক রশ্মির ক্ষেত্রে আপতন কোণের সাইন এবং প্রতিসরণ কোণের সাইন-এর অনুপাত ধ্রুবক।

এই দ্বিতীয় সূত্রকে স্নেলের সূত্রও বলে।



চিত্র : ৯.৪

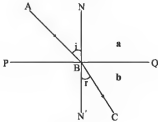
৯.২ প্রতিসরণাঙ্ক

Refractive index

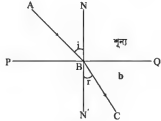
একজোড়া নির্দিষ্ট মাধ্যম এক কোনো একটি নির্দিষ্ট বর্ণের আলোকরশ্মি এক মাধ্যম থেকে অপর মাধ্যমে প্রতিসৃত হলে যদি আপতন কোণ i এবং প্রতিসরণ কোণ r হয় তাহলে $\frac{\sin i}{\sin r}$ যে হুব সংখ্যা হয় তাকে বলা হয় ঐ বর্ণের আলোর জন্য প্রথম মাধ্যমের সাপেক্ষে দ্বিতীয় মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক। একে n দিয়ে প্রকাশ করা হয়।

আলোকরশ্মি যদি a মাধ্যম থেকে b মাধ্যমে প্রবেশ করে তবে, a মাধ্যমের সাপেক্ষে b মাধ্যমের আপেক্ষিক প্রতিসরণাঙ্ক, (চিত্র ৯.৫)

$${}_a n_b = \frac{\sin i}{\sin r} \quad (9.1)$$



চিত্র : ৯.৫



চিত্র : ৯.৬

n এর নিচে ভাসদিকের অক্ষরটি নির্দেশ করে কোন মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক এবং বামদিকের অক্ষরটি নির্দেশ করে কোন মাধ্যমের সাপেক্ষে।

আবার শূন্যস্থান থেকে যখন আলোক রশ্মি কোনো মাধ্যমে প্রবেশ করে তখন মাধ্যমের যে প্রতিসরণাঙ্ক হয় তাকে ঐ বর্ণের জন্য ঐ মাধ্যমের পরম প্রতিসরণাঙ্ক বলে (চিত্র ৯.৬)। যদি শূন্যস্থান থেকে b মাধ্যমে আলো প্রতিসৃত হয় তবে, b মাধ্যমের পরম প্রতিসরণাঙ্ক ${}_0 n_b = \frac{\sin i}{\sin r}$ । এক্ষেত্রে n এর বামদিকে কিছু না লিখে কেবল ডানদিকে মাধ্যম লেখা হয়। যেমন b মাধ্যমের পরম প্রতিসরণাঙ্ক n_b ।

আবার আলোকরশ্মি যদি b মাধ্যম থেকে a মাধ্যমে প্রবেশ করে তবে সেক্ষেত্রে আলোকরশ্মির প্রত্যাবর্তনের সূত্রানুসারে (৯.৫ চিত্রে) CB হবে আপতিত রশ্মি, BA প্রতিসৃত রশ্মি, অর্থাৎ আপতন কোণ $= r$ ও প্রতিসরণ কোণ $= i$ এবং b মাধ্যমের সাপেক্ষে a মাধ্যমের আপেক্ষিক প্রতিসরণাঙ্ক হবে [সমীকরণ ৯.১ অনুসারে]

$${}_b n_a = \frac{\sin r}{\sin i} = \frac{1}{\sin i / \sin r} = \frac{1}{{}_a n_b} \quad (9.2)$$

সুতরাং মনে রাখতে হবে

$$n_a = \frac{1}{n_b} \text{ এবং বিপরীতক্রমে } n_b = \frac{1}{n_a}$$

অবার,

প্রতিসরণাঙ্ককে আলোর বেগের সাহায্যেও প্রকাশ করা যায়,

$$n_a = \frac{a \text{ মাধ্যমে আলোর বেগ}}{b \text{ মাধ্যমে আলোর বেগ}} \text{ এবং}$$

$$n_b = \frac{b \text{ মাধ্যমে আলোর বেগ}}{a \text{ মাধ্যমে আলোর বেগ}} \text{।}$$

যে মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক বেশি সেই মাধ্যম বেশি ঘন এবং তাতে আলোর বেগ কম। আর যে মাধ্যমের প্রতিসরণাঙ্ক কম সেই মাধ্যম কম ঘন এবং তাতে আলোর বেগ বেশি।

গাণিতিক উদাহরণ ৯.১ : বায়ু থেকে পানিতে প্রতিসরণের ক্ষেত্রে আপতন কোণ 30° এবং প্রতিসরণ কোণ 19° হলে, বায়ু সাপেক্ষে পানির প্রতিসরণাঙ্ক কত ?

অমরা জানি, $\frac{\sin i}{\sin r} = n$

$$n_w = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin 30}{\sin 19} = \frac{0.5}{0.325} = 1.538$$

উত্তর : নির্ণেয় প্রতিসরণাঙ্ক 1.538

সেওয়া আছে,
আপতন কোণ $i = 30^\circ$
প্রতিসরণ কোণ $r = 19^\circ$
বায়ু সাপেক্ষে পানির প্রতিসরণাঙ্ক
 $n_w = ?$

গাণিতিক উদাহরণ ৯.২ : বায়ুর সাপেক্ষে পানির প্রতিসরণাঙ্ক 1.33 হলে পানি সাপেক্ষে বায়ুর প্রতিসরণাঙ্ক কত ?

অমরা জানি

$$n_a = \frac{1}{n_w}$$

$$= \frac{1}{1.33} = 0.75$$

উ : 0.75

সেওয়া আছে,
বায়ুর সাপেক্ষে পানির প্রতিসরণাঙ্ক, $n_w = 1.33$
পানির সাপেক্ষে বায়ুর প্রতিসরণাঙ্ক, $n_a = ?$

৯.৩ ক্রান্তি কোণ ও পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন

Critical angle and total internal reflection

ক্রান্তি কোণ : ঘন মাধ্যম থেকে আলোকরশ্মি যখন হালকা মাধ্যমে প্রতিসৃত হয় তখন প্রতিসৃত রশ্মিটি হালকা মাধ্যমে অভিলম্ব থেকে আরও দূরে বৈকে যায়, কালে আপতন কোণের চেয়ে প্রতিসরণ কোণ বড় হয়।

১. ধরি, AB হলো কাচ এবং বায়ু মাধ্যমের বিভেদ তল। কাচ ঘন মাধ্যম এবং বায়ু হালকা মাধ্যম। কাচের মধ্যে P বিন্দু থেকে PQ রশ্মি ক্ষুদ্র আপতন কোণে AB বিভেদ তলের Q বিন্দুতে আপতিত হলে বায়ু মাধ্যমে প্রতিসৃত রশ্মি QR হবে [চিত্র : ৯.৭ ক]। এক্ষেত্রে আপতন কোণ $(\angle PQN')$ এর চেয়ে প্রতিসরণ কোণ $(\angle NQR)$ বড় হবে।



চিত্র : ৯.৭

২. এখন ঘন মাধ্যমে আপতন কোণ বৃদ্ধি করলে, হালকা মাধ্যমে প্রতিসরণ কোণও বৃদ্ধি পাবে। এইভাবে আপতন কোণ বৃদ্ধি করলে শেষে একটি বিশেষ আপতন কোণ $\angle P_1QN'$ পাওয়া যাবে (চিত্র ৯.৭ খ) যার অন্য প্রতিসৃত রশ্মি QR_1 মাধ্যম দুইটির বিভেদ তল AB স্বাভাব্য চলে যাবে অর্থাৎ প্রতিসরণ কোণ $\angle NQR_1 = 90^\circ$ হবে। এই অবস্থায় ঘন মাধ্যমের আপতন কোণটিকে ($\angle P_1QN'$) হালকা মাধ্যমের সাপেক্ষে ঘন মাধ্যমের ক্রান্তি কোণ বলে। ৯.৭ খ চিত্রে $\angle P_1QN' = \theta_c =$ ক্রান্তি কোণ। এই ক্রান্তি কোণের মানও মাধ্যমদ্বয়ের প্রকৃতি এবং আলোর বর্ণের উপর নির্ভর করে।

পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন : ঘন মাধ্যমে আপতন কোণটিকে ক্রান্তি কোণের চেয়ে আরও একই বাড়ালে ($i > \theta_c$) আলোক রশ্মির সবটুকুই দুই মাধ্যমের বিভেদতলে সম্পূর্ণ প্রতিফলিত হয়ে ঘন মাধ্যমেই ফিরে আসে। এই অবস্থায় আর কোনো প্রতিসৃত রশ্মি পাওয়া যায় না। এই অবস্থায় মাধ্যম দুইটির বিভেদতল দর্পণের মত আচরণ করে। এই ঘটনাকে পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন বলে।

চিত্র ৯.৭ গ) এ ঘন মাধ্যমে আপতন কোণ $\angle P_2QN'$ মাধ্যম দুটির ক্রান্তি কোণ θ_c এর চেয়ে বড়। সেইজন্য P_2Q রশ্মিটি দুই মাধ্যমের বিভেদ তল AB এর উপর আপতিত হয়ে প্রতিফলনের নিয়মানুসারে QR_2 পথে প্রতিফলিত হয়েছে।

পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলনের শর্ত :

- আলোকরশ্মিকে অবশ্যই ঘন মাধ্যম থেকে হালকা মাধ্যমের অভিমুখে যেতে হবে এবং দুই মাধ্যমের বিভেদতলে আপতিত হতে হবে।
- ঘন মাধ্যমে আপতন কোণ ক্রান্তি কোণের চেয়ে বড় হতে হবে।

৯.৪ মরীচিকা

Mirage

মরুভূমিতে ভূকর্তা পথিক সময়ে দূরবর্তী গাছের উদ্ভিদো প্রতিবিম্ব দেখে মনে করেন সেখানে পানি আছে। কিন্তু গাছের কাছে গেলে তিনি তার ভুল বুঝতে পারেন যে সেখানে কোনো পানি নাই। আলোর পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলনের জন্যই এ রকম হয়। এটাই মরীচিকা।



চিত্র : ১.৮

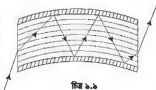
সূর্যের প্রভুতাপে হবুস্মির বাপি উদ্ভাস্ত হওয়ার সন্ধ্যা সন্ধ্যা বালিনলতা বাহুস্করপুস্কোও পরম হয়ে উঠে। শিডের বায়ু উদ্ভাস্ত ও হালকা হয়, তবে উপরের বায়ু শিডের বায়ু স্করের তুলনায় ঠাণ্ডা থাকায় ঘন থাকে। এখন পাছ থেকে যে আলো আসে তা ঘনতর মাধ্যম থেকে হালকা মাধ্যমে প্রবেশ করতে থাকে। এর ফলে প্রতিসৃত রশ্মি অভিলম্ব থেকে দূরে সরে যেতে থাকে। এক সময় এই আলোকরশ্মি কোনো একটি বাহুস্করে রশ্মি কোণের চেয়ে বড় কোণে আপতিত হয় ও আলোর পূর্ণ অভ্যাস্তরীণ প্রতিফলন ঘটে। ঐ সময়েই পাছের উটানো প্রতিবিম্ব দেখা যায় (চিত্র : ১.৮), যাতে আমরা মরীচিকা বাপি।

পরিবেশ: ব্রীযকালে প্রথম গ্রোসে পিচ ঢালা পাখে হটের সময় বা বালবহনে থাকার সময় মাঝে মাঝে হঠাৎ সেন্দে ধকবে রাস্তা চিকচিক করছে। মনে হবে যেন রাস্তার পানি জমেছে। এখানেও হবুস্মির ঘরিতিকার ন্যায় ঘটনা ঘটেছে।

১.৫ অপটিক্যাল ফাইবার বা আলোকীয় তন্তু

Optical fibre

অপটিক্যাল ফাইবার তৈরি করা হয় কচ বা প্লাস্টিকের খুব সরু, দীর্ঘ নমনীয় অঞ্চ শিডেই ফাইবার বা তন্তু বরা। এই ফাইবারের পদার্থের প্রতিসরাঙ্ক 1.7। ফাইবারের উপর অশোকাবৃত কম প্রতিসরাঙ্কের (1.5) পদার্থের একটি আবরণ দেওয়া হয়। ফাইবারের একপ্রান্তে ক্ষুদ্র কোণে আপতিত আলোক রশ্মি ফাইবারের ভিতরে বারবার পূর্ণ অভ্যাস্তরীণভাবে প্রতিফলিত হয়ে শেষ পর্যন্ত অন্য প্রান্ত দিয়ে বেরিয়ে আসে।



ফাইবারটি ইকব বা পাকলো অবস্থায় থাকলেও আলোক এর ভিতর দিয়ে প্রায় কোনো শক্তিকর হুড়াই পঠানো যায় (চিত্র ১.৯)। একপুছ অপটিক্যাল ফাইবারকে আলোক নল বলে।

আলোকের এক টেলিকমিউনিকেশনে অপটিক্যাল ফাইবারের ব্যবহার কোনো রেশীর পকশ্মির ভিতরের সোয়াল পরীক্ষা করতে হলে একটি আলোক নলকে দুখো ভিতর দিয়ে পকশ্মিতে ঢোকানো হয়। এই আলোক নলের এক সেট আলোকীয় তন্তু দিয়ে আসে পঠিয়ে পকশ্মির সোয়ালের সপ্তিষ্ট অংকে আলোকিত করা হয়, অন্য সেট দিয়ে ওই আলোকিত অংকে বাইরে থেকে দেখা হয়। এই পদ্ধতি এতোসেকপি নামে পরিচিত। এভাবে আলোক নল দুখিই রক্তবহী ধমনি বা শিরার রক্ত বা হৃৎপিণ্ডের তালতপুস্কের গ্রিয়া দেখা যায়।

একস্থান থেকে অন্যস্থানে বৈদ্যুতিক সত্বেকত অঙ্গান্যমানের জন্য অপটিক্যাল কন্ট্রোল ব্যবহার করা হয়; অবশ্য আসে বৈদ্যুতিক সত্বেকতকে প্রথমে আলোক সত্বেকতে রূপান্তরিত করে নিতে হয়। প্রায় ২০০০ টেলিফোন সত্বেকতকে এভাবে একসাথে একটি অপটিক্যাল কন্ট্রোল মধ্য দিয়ে সম্প্রদান করা হয়। এতে সত্বেকতগুলোর তীব্রতার প্রায় কোনো পরিবর্তন হয় না। অপটিক্যাল কন্ট্রোল ব্যবহারের বর্তমানে যোগাযোগ ব্যবহার উল্লেখযোগ্য পরিবর্তন ঘটিয়েছে।

১.৬ লেন্স ও তার প্রকারভেদ

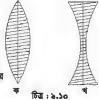
Lenses and their classification

দুইটি গোণীয় পৃষ্ঠ দ্বারা সীমাবদ্ধ কোনো স্বচ্ছ প্রতিসারক মাধ্যমকে লেন্স বলে।

লেন্স দুই রকমের হয় : উত্তল লেন্স বা অভিসারী লেন্স ও অবতল লেন্স বা অপসারী লেন্স।

উত্তল লেন্স : যে লেন্সের মধ্যভাগ পুরু এবং প্রান্তভাগ সরু তাকে উত্তল লেন্স বলে।

উত্তল লেন্সের উপর সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ আপতিত হলে প্রতিসরণের পর নির্গত হওয়ার সময় অভিসারী করে বলে উত্তল লেন্সকে অভিসারী লেন্সও বলে (চিত্র : ১.১০ ক)।



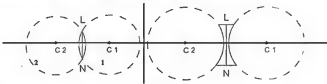
অবতল লেন্স : যে লেন্সের মধ্যভাগ সরু এবং প্রান্তভাগ ক্রমশ পুরু তাকে অবতল লেন্স বলে। অবতল লেন্সে সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ আপতিত হলে প্রতিসরণের পর নির্গত হওয়ার সময় অপসারী হয় বলে অবতল লেন্সকে অপসারী লেন্সও বলে (চিত্র ১.১০ খ)।

১.৭ লেন্স সংক্রান্ত কয়েকটি সংজ্ঞা

Few definitions related to lens

ককতার কেন্দ্র : লেন্সের উভয় পৃষ্ঠই এক একটি নির্দিষ্ট গোলাকের অংশ। প্রত্যেক গোলাকের কেন্দ্রকে ঐ পৃষ্ঠের ককতার কেন্দ্র বলে। ১.১১ নং চিত্রে C_1 এবং C_2 , LN লেন্সের দুইটি ককতার কেন্দ্র। যদি লেন্সের কোনো একটি পৃষ্ঠ গোণীয় না হয়ে সমতল হয় তবে তার ককতার কেন্দ্র অসীমে অবস্থিত হবে।

প্রধান অক্ষ : লেন্সের দুইটি গোণীয় পৃষ্ঠ থাকে। এই পৃষ্ঠদ্বয়ের ককতার কেন্দ্র দুইটিকে যোগ করলে যে সরলরেখা পাওয়া যায় তাকে ঐ লেন্সের প্রধান অক্ষ বলে। ১.১১নং চিত্রে, C_1C_2 সরলরেখাটি লেন্সের প্রধান অক্ষ।



চিত্র : ১.১১

আলোক কেন্দ্র : আলোক কেন্দ্র হলো লেন্সের মধ্যে প্রধান অক্ষের উপর অবস্থিত একটি নির্দিষ্ট বিন্দু, যার মধ্য দিয়ে কোনো রশ্মি অতিক্রম করলে প্রতিসরণের পর লেন্সের অপর পৃষ্ঠ থেকে নির্গত হওয়ার সময় আপতিত রশ্মির সমান্তরালভাবে নির্গত হয়। ১.১২ নং চিত্রে লেন্সের একপৃষ্ঠে PQ রশ্মি আপতিত হয়ে QR পথে প্রতিসৃত হয়েছে। এই রশ্মি অপর পৃষ্ঠ থেকে RS পথে নির্গত হয়েছে। নির্গত রশ্মি RS এবং আপতিত রশ্মি PQ পরস্পর সমান্তরাল। এখন লেন্সের মধ্যে প্রতিসৃত রশ্মি QR প্রধান অক্ষ C_1C_2 কে O বিন্দুতে ছেদ করেছে, O বিন্দু হলো লেন্সের আলোক কেন্দ্র।



গুরু লেন্স

চিত্র : ১.১২

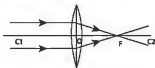


পাতলা লেন্স

লেন্সটি যদি পাতলা হয় তবে আলোক কেন্দ্র হচ্ছে লেন্সের মধ্যে অবস্থিত প্রধান অক্ষের উপর এমন একটি বিন্দু যে বিন্দু দিয়ে আলোক রশ্মি আগতিত হলে নিক পরিবর্তন না করে প্রতিসৃত হয়।

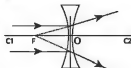
প্রধান ফোকাস : লেন্সের প্রধান অক্ষের সমান্তরাল এক নিকটবর্তী রশ্মিগুচ্ছ প্রতিসরণের পর প্রধান অক্ষের উপর যে বিন্দুতে মিলিত হয় (উত্তল লেন্সের ক্ষেত্রে) অথবা যে বিন্দু থেকে অপসৃত হচ্ছে বলে মনে হয় (অবতল লেন্সের ক্ষেত্রে), সেই বিন্দুকে লেন্সের প্রধান ফোকাস বলে। ১.১৩ নং চিত্রে লেন্সের প্রধান ফোকাস F ।

ফোকাস দূরত্ব : লেন্সের আলোক কেন্দ্র থেকে প্রধান ফোকাস পর্যন্ত দূরত্বকে ফোকাস দূরত্ব বলে। ১.১৩ নং চিত্রে OF লেন্সের ফোকাস দূরত্ব। ফোকাস দূরত্বকে f দ্বারা সূচিত করা হয়।



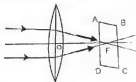
উত্তল লেন্স

চিত্র : ১.১৩



অবতল লেন্স

ফোকাস তল : প্রধান ফোকাসের মধ্য দিয়ে লেন্সের প্রধান অক্ষের সঙ্গে লম্বভাবে অবস্থিত কল্পিত সমতলকে লেন্সের ফোকাস তল বলে। ১.১৪ নং চিত্রে $ABCD$ হচ্ছে ফোকাস তল।

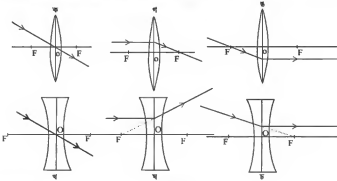


চিত্র ১.১৪

লেন্সে রশ্মি চিত্র অঙ্কনের নিয়মাবলী

১. লেন্সের আলোক কেন্দ্র দিয়ে আগতিত রশ্মি প্রতিসরণের পর সোজাসুজি চলে যায় (চিত্র ১.১৫ ক ও খ)
২. লেন্সের প্রধান অক্ষের সমান্তরাল রশ্মি প্রতিসরণের পর প্রধান ফোকাস দিয়ে যায় (উত্তল লেন্স) (চিত্র ১৫ গ) বা প্রধান ফোকাস থেকে আসছে বলে মনে হয় (অবতল লেন্স) (চিত্র ১৫ ঘ)

৩. লেন্সের প্রধান ফোকাসের মধ্য দিয়ে (উত্তল লেন্সে) চিত্র ১৫ ভা বা প্রধান ফোকাস অতিমুখী (অবতল লেন্সে) চিত্র ১৫ চা আপতিত রশ্মি প্রতিসরণের পর প্রধান অক্ষের সমান্তরাল হয়ে যায়।

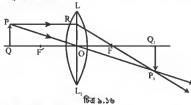


চিত্র ১.১৫

উত্তল লেন্সে প্রতিবিম্ব গঠন

LOL_1 একটি উত্তল লেন্স। FOF' প্রধান অক্ষ, O আলোক কেন্দ্র, F প্রধান ফোকাস। এই লেন্সের প্রধান অক্ষের উপর PQ একটি বস্তুকে লেন্সটির ফোকাস দূরত্বের চেয়ে বেশি কিন্তু যিগুন ফোকাস দূরত্বের কম দূরে ঝড়ানভাবে রাখা হলো।

এখন P থেকে আপত PR রশ্মি প্রধান অক্ষের সমান্তরালভাবে এসে লেন্সের মধ্য দিয়ে প্রতিসৃত হওয়ার পর প্রধান ফোকাস F -এর মধ্য দিয়ে RFP_1 পথে যায়। P থেকে নির্গত অন্য একটি রশ্মি PO পথে আলোক কেন্দ্র O তে আপতিত হয়ে সোজাসুজি OP_1 ব্যাবার প্রতিসৃত হলো। RFP_1 এবং OP_1 রশ্মি দুইটি পরস্পর P_1 বিন্দুতে ছেদ করে। P_1 বিন্দু থেকে অক্ষের উপর P_1Q_1 লম্বটানা হলো। P_1Q_1 হলো PQ এর বাস্তব প্রতিবিম্ব। এখানে OQ বস্তুটির দূরত্ব এবং OQ_1 প্রতিবিম্বের দূরত্ব (চিত্র ১.১৬)।



চিত্র ১.১৬

এই ক্ষেত্রে প্রতিবিম্ব বাস্তব, উল্টা ও বিবর্ধিত হয়েছে।

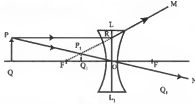
লক্ষবস্তুর বিভিন্ন অবস্থানের উপর নির্ভর করে প্রতিবিম্ব বাস্তব, অবাস্তব; সোজা, উল্টা; বিবর্ধিত, বর্ধিত বা আকারে সমান হতে পারে।

লক্ষবস্তু উত্তল লেন্সের প্রধান ফোকাসের ভিতরে থাকলে প্রতিবিম্ব অবাস্তব সোজা ও বিবর্ধিত হবে।

কাজ: উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্বের মধ্যে বস্তুটির অবস্থানের জন্য চিত্র ঠিকে প্রতিবিম্ব দেখাও।

অবতল লেন্সে প্রতিবিম্ব গঠন

ধরা যাক LOL_1 একটি অবতল লেন্স। FOF' এর প্রধান অক্ষ, O আলোক কেন্দ্র, F প্রধান ফোকাস। লেন্সের সামনে PQ একটি লক্ষকাত্ত প্রধান অক্ষের উপর লম্বভাবে অবস্থিত (চিত্র ৯.১৭)। PQ এর প্রতিবিম্ব অঙ্কন করতে হবে।



চিত্র ৯.১৭

P বিন্দু থেকে নিঃসৃত একটি আলোক রশ্মি PR প্রধান অক্ষের সমান্তরাল হয়ে লেন্সে R বিন্দুতে আপতিত হলে প্রতিসরণের পর RM পথে এমনভাবে প্রতিসরিত হয় যেন রশ্মিটি প্রধান ফোকাস F থেকে আসছে বলে মনে হয়। P থেকে আর একটি রশ্মি PO আলোক কেন্দ্র দিয়ে লেন্সে আপতিত হয়ে সোজাসুজি PON পথে প্রতিসৃত হয়। এই প্রতিসৃত রশ্মি দুইটি অগসারী বলে মিলিত হয় না। এদেরকে পেছন দিকে বাড়িয়ে নিলে P_1 বিন্দু থেকে আসছে বলে মনে হয়। সুতরাং P_1 বিন্দুই হচ্ছে P বিন্দুর অবাস্তব প্রতিবিম্ব। এখন P_1 থেকে প্রধান অক্ষের উপর P_1Q_1 লম্ব টানলে P_1Q_1 হবে PQ লক্ষকাত্তর প্রতিবিম্ব। এই প্রতিবিম্ব অবাস্তব, সোজা এবং আকারে লক্ষকাত্তর চেয়ে ছোট। অবতল লেন্সে সর্বদা অবাস্তব, সোজা এবং ছোট আকারের প্রতিবিম্ব গঠন করে।

লেন্স কেনার উপায় : লেন্সের খুব কাছাকাছি কিস্তি পিছনে একটা আলুস ধরলে যদি এটিকে সোজা এবং আকারে বড় দেখায় তবে লেন্সটি উত্তল। সোজা এবং আকারে ছোট দেখালে লেন্সটি অবতল। এভাবে লেন্স সনাক্ত করা যায়।

করে দেখো : তোমার বই এর দেখার কাছাকাছি একটি উত্তল লেন্স ধর। দেখাগুলো বড় দেখতে পছন্দে বী ? কেন ?

উত্তল লেন্স কর্তৃক প্রতিসরণের পর বিবর্তিত প্রতিবিম্ব তোমার চোখে পড়ছে বলে দেখাগুলো বড় দেখাচ্ছে।

কোনো নির্দিষ্ট লেন্সের অর্ধাৎ নির্দিষ্ট ফোকাস দূরত্ব f এর লেন্সের সামনে u দূরত্বে যদি কোনো লক্ষকাত্ত থাকে তাহলে যে অবস্থানে প্রতিবিম্ব সৃষ্টি হবে তার দূরত্ব v নিম্নোক্ত সমীকরণ থেকে পাওয়া যায়

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

এ সমীকরণে মান বসানোর ক্ষেত্রে উত্তল লেন্সের জন্য f এর মান ধনাত্মক। অবতল লেন্সের জন্য f এর মান ঋণাত্মক এবং u এর মান ধনাত্মক বসাতে হবে। হিসাব করে v এর মান ধনাত্মক হলে প্রতিবিম্বটি বাস্তব আর ঋণাত্মক হলে প্রতিবিম্বটি অবাস্তব।

বিবর্ধন :

লেন্সের ক্ষেত্রে বিবর্ধনকে লক্ষকাত্তর দূরত্ব ও প্রতিবিম্বের দূরত্বের সাহায্যে নিম্নোক্তভাবে প্রকাশ করা যায়।

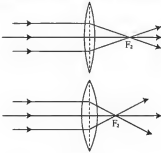
$$m = -\frac{v}{u}$$

u এবং v এর যথাক্রমে চিহ্নসহকারে মান বসালে m যদি ধনাত্মক হয় তাহলে প্রতিবিম্বটি সোজা হবে। আর m ঋণাত্মক হলে প্রতিবিম্ব উল্টা হবে।

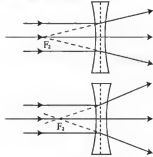
৯.৮ লেন্সের ক্ষমতা

Power of a lens

মনে করো দুইটি উত্তল লেন্স (চিত্র ৯.১৮)। প্রথমটির ফোকাস দূরত্ব বেশি এবং দ্বিতীয়টির ফোকাস দূরত্ব কম। এখন যদি একগুচ্ছ সমান্তরাল রশ্মি লেন্স দুইটির প্রধান অক্ষের সমান্তরালভাবে এসে আপতিত হয় তবে তারা লেন্স কর্তৃক প্রতিসৃত হয়ে প্রধান ফোকাসে মিলিত হবে। প্রথম লেন্সের ক্ষেত্রে ঐ ফোকাস কিছু লেন্সের হাত দূরে হবে দ্বিতীয় লেন্সের ক্ষেত্রে তা হবে না বরং কম হবে। উত্তল লেন্সের ক্ষমতা কালে আমরা বুঝি যে ঐ লেন্স সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছকে কত বেশি কাছে মিশাতে পারে বা অভিসারী করতে পারে। এক্ষেত্রে কী যায় প্রথম লেন্সের ক্ষমতা কম আর দ্বিতীয় লেন্সের ক্ষমতা বেশি। লেন্সের ক্ষমতা কম হলে ফোকাস দূরত্ব বেশি আর ক্ষমতা বেশি হলে ফোকাস দূরত্ব কম।



চিত্র ৯.১৮



চিত্র ৯.১৯

৯.১৯ নং চিত্রে অবতল লেন্সে সমান্তরালভাবে আগত আলোক রশ্মিগুচ্ছের প্রতিসরণ দেখানো হয়েছে। এক্ষেত্রে যে লেন্স সমান্তরালভাবে আগত আলোক রশ্মিগুচ্ছকে প্রতিসরণের পর হাত বেশি ছড়িয়ে দিতে পারে বা অপসারী করতে পারে তার ক্ষমতা তত বেশি। এক্ষেত্রেও লেন্সের ফোকাস দূরত্ব যত কম, ক্ষমতা তত বেশি।

সুতরাং আমরা সাধারণভাবে বলতে পারি কোনো লেন্সের অভিসারী বা অপসারী করার সামর্থ্যকে তার ক্ষমতা বলে।

ক্ষমতা P এবং ফোকাস দূরত্ব f এর মধ্যে একটি সম্পর্ক আছে। সম্পর্কটি হচ্ছে, $P = \frac{1}{f}$

এক মিটার ফোকাস দূরত্ববিশিষ্ট কোনো লেন্সের ক্ষমতাকে ১ ডায়োপ্টার (Dioptre) বলে। চক্ষু বিশেষজ্ঞরা চশমার কাচের যে ক্ষমতা গিখে থাকেন তা ডায়োপ্টার এককে লিখেন।

চিহ্নের গ্রন্থা : সকল দূরত্ব লেন্সের আলোক কেন্দ্র থেকে পরিমাপ করতে হবে। সকল বাস্তব দূরত্ব ধনাত্মক, বাস্তব দূরত্ব কালে আশোকরশ্মি প্রকৃতপক্ষে যে দূরত্ব অভিক্রম করে সেই দূরত্বকে বুঝায়। সুতরাং সকল বাস্তব লক্ষকবস্তু, বাস্তব প্রতিবিম্ব বা বাস্তব ফোকাসের দূরত্বকে ধনাত্মক ধরা হয়। সকল অবাস্তব দূরত্ব ঋণাত্মক। অবাস্তব লক্ষকবস্তু, অবাস্তব প্রতিবিম্ব ও অবাস্তব ফোকাস দূরত্বকে অবাস্তব দূরত্ব ধরা হয়।

উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব ধনাত্মক এবং অবতল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব উত্ৰাহ ঋণাত্মক।

গাণিতিক উদাহরণ ৯.৩ : কোনো লেন্সের ফোকাস দূরত্ব $+0.1 \text{ m}$ হলে ক্ষমতা কত?

$$\text{আমরা জানি, } P = \frac{1}{f} = \frac{1}{+0.1 \text{ m}} = 10 \text{ D}$$

উ: 10 D

গেটরা আছে,
ফোকাস দূরত্ব, $f = +0.1 \text{ m}$
ক্ষমতা, $P = ?$

৯.৯ চোখের গঠন

১. অক্সিলেক (Eye-ball) : চোখের কেটরের মধ্যে অবস্থিত এর গোলাকর অংশকে অক্সিলেক বলে। এর সামনে ও পিছনের অংশ খসিকটা চ্যাপ্টা। এটি চোখের কেটরের মধ্যে একটা নির্দিষ্ট সীমার চারদিকে ঘুরতে পারে।

২. শ্বেতমণ্ডল (Sclerotic) : এটি শক্ত, সাদা, অস্বচ্ছ তন্তু দিয়ে তৈরি অক্সিলেকের বাইরের আবরণ (চিত্র ৯.২০)। এটি চোখের আকৃতি ঠিক রাখে। বাইরের নানা প্রকার অনিষ্ট হতে চোখকে রক্ষা করে।

৩. কর্ণিয়া (Cornea) : এটি শ্বেতমণ্ডলের সামনের অংশ। শ্বেতমণ্ডলের এ অংশ স্বচ্ছ এবং বাইরের দিকে কিছুটা উত্তল।

৪. কৃষ্ণমণ্ডল (Choroid) : শ্বেতমণ্ডলের ভিতরের গায়ে কাশো রঙের একটি আস্তরণ থাকে যাকে কৃষ্ণমণ্ডল বলে। এই কাশো আস্তরণের জন্য চোখের ভিতরে অভ্যাস্তরীণ প্রতিফলন হয় না।

৫. আইরিস (Iris) : কর্ণিয়ার ঠিক পিছনে অবস্থিত একটি অস্বচ্ছ পর্দাকে আইরিস বলে। আইরিসের রং বিভিন্ন লোকের বিভিন্ন রকমের হয়। সাধারণত এর রং কাশো, হলকা নীল বা গাঢ় কাসা মী হয়। আইরিস চক্ষু লেন্সের উপর আপতিত আলোর পরিমাণ নিয়ন্ত্রণ করে।



চিত্র : ৯.২০

৬. চোখের মণি ও অরারপ্ত্র (Pupil) : আইরিসের মাঝখানে একটি ছোট ছিদ্র থাকে। একে চোখের মণি বা অরারপ্ত্র বলে। অরারপ্ত্রের মধ্য দিয়ে আলো চোখের ভিতরে প্রবেশ করে।

৭. চক্ষু লেন্স (Eye Lens) : চোখের মণির ঠিক পিছনে অবস্থিত এটি চোখের সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ অংশ। এটি স্বচ্ছ জৈব পদার্থের তৈরি। লেন্সের পিছনের দিকের বক্রতা সামনের দিকের বক্রতার চেয়ে কিছুটা বেশি। লেন্সটি অক্সিলেকের সাথে সিলিয়ারি মায়েসেশি ও সাসপেনসরি লিগামেন্ট দ্বারা আটকানো থাকে। এই মায়েসেশি ও লিগামেন্টগুলোর সংকোচন ও প্রসারণের ফলে চক্ষু লেন্সের বক্রতা পরিবর্তিত হয় ফলে লেন্সের ফোকাস দূরত্বের পরিবর্তন ঘটে। দূরের বা কাছের জিনিস দেখার জন্য চক্ষু লেন্সের ফোকাস দূরত্বের পরিবর্তন করার প্রয়োজন হয়।

৮. রেটিনা (Retina) : চক্ষু লেন্সের পিছনে অবস্থিত অক্সিলেকের ভিতরের গুঁঠের গোলাপি রঙের ঐষদন্ড আলোক সংবেদন অবশরণকে রেটিনা বলে। এটি রড ও কোন (rods & cones) নামে কতগুলো স্নায়ুতন্তু দ্বারা তৈরি। এই তন্তুগুলো চক্ষু স্নায়ুর সাথে সংযুক্ত থাকে। রেটিনার উপর আলো পড়লে তা ঐ স্নায়ুতন্তুতে এক প্রকার উত্তেজনা সৃষ্টি করে ফলে মস্তিষ্কে দর্শনের অনুভূতি জাগে।

৯. অ্যাকুয়াস হিউমর ও ভিট্রিয়াস হিউমর (Aqueous humour and vitreous humour) : কর্ণিয়া ও চক্ষু লেন্সের মধ্যবর্তী স্থান যে স্বচ্ছ দ্রবপদ্রব জলীয় পদার্থে পূর্ণ থাকে তাকে অ্যাকুয়াস হিউমর বলে। রেটিনা ও চক্ষু লেন্সের মধ্যবর্তী স্থান যে জেলি জাতীয় পদার্থে পূর্ণ থাকে তাকে ভিট্রিয়াস হিউমর বলে।

চোখের উপযোগন : একটি উদ্ভল লেন্সের সামনে ফোকাস দূরত্বের বাইরে কোনো বস্তু রাখলে লেন্সের পিছনে বস্তুটির একটি বাস্তব প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। লেন্সের পিছনে একট পর্দা রাখলে পর্দার উপর বস্তুটির একটি উল্টো প্রতিবিম্ব দেখা যায়। পরীক্ষা করলে দেখা যায় যে পর্দাটির একটি নির্দিষ্ট অবস্থানে প্রতিবিম্ব সবচেয়ে পরিষ্কার হয়। একটি বস্তুকে যদি লেন্সের নিকটে আনা হয় বা লেন্স থেকে দূরে সরিয়ে নেওয়া হয় তাহলে পরিষ্কার প্রতিবিম্ব পাওয়ার জন্য পর্দাটিকে সামনে বা পিছনে সরাতে হয়। এখন আমরা যদি পর্দার পূর্ব অবস্থানে পরিষ্কার বিম্ব পেতে চাই তাহলে তিন্তু ফোকাস দূরত্বের লেন্স ব্যবহার করতে হবে।

চোখের ক্ষেত্রে ঠিক একই রকম ঘটনা ঘটে। কর্নিয়া, অ্যাকুয়াস হিউমার, চক্ষু লেন্স ও ভিট্রিয়াস হিউমার একত্রে একটি অভিসারী লেন্সের কাজ করে। চোখের সামনে কোনো বস্তু থাকলে সেই বস্তুর প্রতিবিম্ব যদি রোটিনার উপর পড়ে তাহলে মস্তিষ্কে দর্শনের অনুভূতি জাগে এবং আমরা সেই বস্তু দেখতে পাই। আমরা চোখের সাহায্যে বিভিন্ন দূরত্বের বস্তু দেখি। চোখের লেন্সের একটি বিশেষ গুণ হচ্ছে এর আকৃতি প্রয়োজন মতো বদলে যায় ফলে ফোকাস দূরত্বের পরিবর্তন ঘটে। ফোকাস দূরত্বের পরিবর্তনের ফলে লক্ষবস্তুর যেকোনো অবস্থানের জন্য লেন্স থেকে একই দূরত্বে অর্থাৎ রোটিনার উপর সঠক বিম্ব গঠিত হয়। যেকোনো দূরত্বের বস্তু দেখার জন্য চোখের লেন্সের ফোকাস দূরত্ব নিয়ন্ত্রণ করার এই ক্ষমতাকে চোখের উপযোগন বলে।

সঠক দর্শনের ন্যূনতম দূরত্ব : আমাদের দৈনন্দিন জীবনের অভিজ্ঞতা থেকে আমরা দেখতে পাই যেকোনো বস্তুকে চোখের যত নিকটে নিয়ে আসা যায় বস্তুটুকু তত সঠক দেখা যায়। কিন্তু কাছে আনতে আনতে এমন একটা দূরত্ব আসে যখন আর বস্তুটি খুব সঠক দেখা যায় না। যে ন্যূনতম দূরত্ব পর্যন্ত চোখ বিনা শ্রান্তিতে সঠক দেখতে পায় তাকে সঠক দর্শনের ন্যূনতম দূরত্ব বলে। স্বাভাবিক চোখের জন্য সঠক দর্শনের ন্যূনতম দূরত্ব প্রায় ২৫ সেন্টিমিটার। চোখ থেকে ২৫ সেন্টিমিটার দূরত্বের বস্তুকে চোখের নিকট বিন্দু বলে। কোনো বস্তু ২৫ সেন্টিমিটারের কম দূরত্বে থাকলে তাকে সঠক দেখা যায় না।

সবচেয়ে বেশি যে দূরত্বে কোনো বস্তু থাকলে তা সঠক দেখা যায় তাকে চোখের দূরবিন্দুও বলে। স্বাভাবিক চোখের জন্য দূরবিন্দু অসীম দূরত্বে অবস্থিত হয়। অর্থাৎ স্বাভাবিক চোখ যতদূর পর্যন্ত সঠক দেখতে পায়।

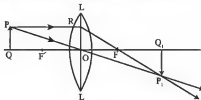
দর্শনানুভূতির স্মারিত্বকাল : চোখের সামনে কোনো বস্তু রাখলে রোটিনার তার প্রতিবিম্ব গঠিত হয় এবং আমরা বস্তুটি দেখতে পাই। এখন যদি বস্তুটুকি চোখের সম্মুখ থেকে সরিয়ে নেওয়া হয় তাহলে সরিয়ে নেওয়ার 0.1 সেকেন্ড পর্যন্ত এর অনুভূতি মস্তিষ্কে থেকে যায়। এই সময়কে দর্শনানুভূতির স্মারিত্বকাল বলে।

দুইটি চোখ থাকার সুবিধা : দুইটি চোখ দিয়ে একটি বস্তু দেখলে আমরা কেবলমাত্র একটি বস্তুই দেখতে পাই। যদিও প্রত্যেকটি চোখ আশন আপন রোটিনার প্রতিবিম্ব গঠন করে, কিন্তু মস্তিষ্ক দুইটি তিন্তু প্রতিবিম্বকে একটি প্রতিবিম্বে পরিণত করে। দুইটি চোখ থাকার জন্য দূরত্ব নির্ভুলভাবে পরিমাপ করা যায়। তাই একটি চোখ বন্ধ রেখে সুইয়ে সূতা পরাতে খুবই অসুবিধা হয়। তাছাড়া বস্তুটির ছলনায় দুইটি চোখের বিভিন্ন অবস্থানের জন্য ভান চোখ ভান দিকটা বেশি এবং বাম চোখ বাম দিকটা বেশি দেখে। দুই চোখ দিয়ে বস্তু দেখলে দুইটি তিন্তু প্রতিবিম্বের উপরিপাত ঘটবে এবং বস্তুকে ভালোভাবে দেখা যাবে।

৯.১০ চোখের ক্রিয়া

Function of an eye

পূর্বেই আমরা জেনেছি যে, আমাদের চোখের মণির ঠিক পিছনে একটি করে উত্তল লেন্স আছে যার নাম চক্ষু লেন্স। দূরের বা কাছের জিনিস দেখার জন্য চক্ষু লেন্সের ফোকাস দূরত্বের পরিবর্তন করার প্রয়োজন হয়।



চিত্র : ৯.২১

চিত্রে চক্ষু লেন্স দেখানো হয়েছে। চোখের সামনে তথা লেন্সের সামনে PQ একটি বস্তু। বস্তুটির P বিন্দু থেকে একটি আলোকরশ্মি PR , প্রধান অক্ষের সমান্তরালে বেয়ে লেন্সের R বিন্দুতে আপতিত হলো। লেন্স প্রতিসরাংশের পর তা RFP_1 গথে গেল। P থেকে আর একটি আলোকরশ্মি PO গথে লেন্সের আলোককেন্দ্র আপতিত হয়ে সোজাসুজি OP_1 ব্যাবের প্রতিসৃত হলো। RP_1 এবং OP_1 প্রতিসৃত রশ্মি দুইটি P_1 বিন্দুতে মিলিত হলো। এবার প্রধান অক্ষের উপর P_1Q_1 লম্ব আঁকলে P_1Q_1 হবে PQ এর বাস্তব ও উল্টা প্রতিবিম্ব।

প্রতিবিম্বটি যেখানে গঠিত হলো তা হলো চোখের রেটিনা। এটি রড ও কন (rods and cones) নামে কতগুলো আলোক সংবেদনশীল কোষ তথা স্নায়ুতন্তু দ্বারা তৈরি। রেটিনার উপর বিম্ব বা আলো পড়লে তা ঐ স্নায়ুতন্তুতে এক প্রকার উদ্ভেজনা সৃষ্টি করে কলে মস্তিষ্কে দর্শনের অনুভূতি জাগে এবং আমরা সেই বস্তু দেখতে পাই।

উল্লেখ্য যে রেটিনার উপর বস্তুর উল্টো প্রতিবিম্ব পড়ে। এই অনুভূতি চক্ষু নার্ভের সাহায্যে মস্তিষ্কে চলে যায়। রেটিনার গঠিত বস্তুর প্রতিবিম্ব উল্টো হলেও মস্তিষ্কের বিশেষ প্রক্রিয়ার জন্য আমরা বস্তুকে সোজা দেখি।

৯.১১ চোখের ত্রুটি ও তার প্রতিকার

Defects of vision and their remedy

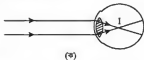
স্বাভাবিক চোখের দৃষ্টির পদ্ধতি ২৫ cm থেকে অসীম পর্বন্ত বিকৃত অর্থাৎ, স্বাভাবিক চোখ ২৫ cm থেকে অসীম দূরত্বের মধ্যে যেকোনো বস্তু শব্দ দেখতে পায়। যদি কোনো চোখ এই পাত্রার মধ্যে কোনো বস্তুকে শব্দ দেখতে না পায় তাহলে সেই চোখ ত্রুটিপূর্ণ বলে ধরা হয়। চোখে প্রধানত দুই ধরনের ত্রুটি দেখা যায়। যথা-

১. ক্রম দৃষ্টি (Short sight or Myopia)

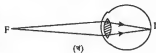
২. দীর্ঘ দৃষ্টি (Long sight or Hypermetropia)

১. **ক্রম দৃষ্টি :** এই ত্রুটিগ্রস্ত চোখ দূরের জিনিস ভালোভাবে দেখতে পায় না কিন্তু কাছের জিনিস স্পষ্ট দেখতে পায়। এমনকি এই চোখের নিকট বিন্দু 25 cm এরও কম হয়। সুতরাং চোখের নিকটবিন্দু 25 cm এরও কম হলে সেটাকে ক্রম দৃষ্টি।

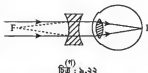
কারণ : অক্ষিপোকের ব্যাসার্ধ বেড়ে গেলে বা চোখের লেন্সের ফোকাস দূরত্ব কমে গেলে অর্থাৎ অভিসারী ক্ষমতা বেড়ে গেলে এই ত্রুটি দেখা দেয় [৯.২২ (ক)]।



ত্রুটির ঝল : এক্ষেত্রে অনেক দূরবর্তী বস্তু থেকে আগত সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ চোখের লেন্সে প্রতিসারিত হয়ে রোটিনার সামনে I বিন্দুতে মিলিত হয় [চিত্র ৯.২২ (ক)] ফলে লক্ষ্যবস্তু স্পষ্ট দেখা যায় না। এই চোখের দূরবিন্দু অসীমের পরিবর্তে F বিন্দুতে হয় তাই এই চোখ F এর বেশি দূরের কোনো বস্তু স্পষ্ট দেখতে পায় না [চিত্র ৯.২২ (খ)]।



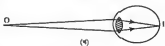
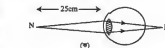
প্রতিকার : চোখের লেন্সের অভিসারী ক্ষমতা বেড়ে যাবার জন্য এই ত্রুটির উদ্ভব হয়। দৃষ্টির এ ত্রুটি সংশোধন করার জন্য সাহায্যক লেন্স বা চশমা হিসেবে অবতল লেন্স ব্যবহার করা হয় [চিত্র ৯.২২ (গ)]।



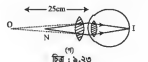
তাহাড়া একমাত্র অবতল লেন্সই লক্ষ্যবস্তুর চেয়েও নিকটে সোজা ও অবসৃত প্রতিবিম্ব গঠন করে বলে এক্ষেত্রে চোখের লেন্সের সামনে সহায়ক লেন্স বা চশমা হিসেবে অবতল লেন্স ব্যবহার করতে হবে। এই লেন্সটির ক্ষমতা তথা ফোকাস দূরত্ব এমন হবে যা অসীম দূরত্বে অবস্থিত লক্ষ্যবস্তুর প্রতিবিম্ব ত্রুটিপূর্ণ চোখের দূরবিন্দুতে গঠন করে [চিত্র ৯.২২ (গ)]। আমরা জানি অসীম দূরত্বে অবস্থিত লক্ষ্যবস্তুর প্রতিবিম্ব ফোকাসে গঠিত হয়। সুতরাং অবতল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব ত্রুটিপূর্ণ চোখের দূরবিন্দুর দূরত্বের সমান হতে হবে।

২. **দীর্ঘদৃষ্টি :** এই ত্রুটিগ্রস্ত চোখ দূরের জিনিস দেখতে পায় কিন্তু কাছের জিনিস স্পষ্ট দেখতে পায় না। চোখের লেন্সের ফোকাস দূরত্ব বেড়ে গেলে অর্থাৎ, অভিসারী ক্ষমতা কমে গেলে চোখে এ ধরনের ত্রুটি দেখা দেয় [চিত্র ৯.২৩ (ক)]।

ত্রুটির ঝল : এক্ষেত্রে চোখের সামনে লক্ষ্যবস্তু থেকে আগত আলোক রশ্মিগুচ্ছ চোখের লেন্সে প্রতিসারিত হয়ে রোটিনার পেছনে I বিন্দুতে মিলিত হয় [চিত্র ৯.২৩ (ক)]। ফলে লক্ষ্যবস্তু স্পষ্ট দেখা যায় না। [এই চোখের নিকট বিন্দু N থেকে দূরে সরে O বিন্দুতে চলে যায় বা 25cm চেয়ে অনেক বেশি। তাই এ চোখে O এর চেয়ে নিকটবর্তী স্থানের বস্তু স্পষ্ট দেখা যায় না [চিত্র ৯.২৪ (খ)]।



প্রতিকার : চোখের লেন্সের অভিসারী ক্ষমতা কমে যাওয়ার দরুন এ ত্রুটির উদ্ভব হয়। তাই এ ত্রুটি দূর [চিত্র ৯.২৩ (গ)] করতে চোখের লেন্সের অভিসারী ক্ষমতা বাড়াতে হয়। এ জন্যে সহায়ক লেন্স হিসেবে উত্তল লেন্স ব্যবহার করা হয়।



তাহাড়া একমাত্র উত্তল লেন্সই লক্ষকতুর চেয়েও দূরে সোজা অবসরস্থ প্রতিবিম্ব গঠন করে। এক্ষেত্রে তাই চোখের লেন্সের সামনে সহায়ক লেন্স বা চশমা হিসেবে এমন ক্ষমতা তথা ফোকাস দূরত্ববিশিষ্ট উত্তল লেন্স ব্যবহার করতে হবে যা শাভাবিক চোখের নিকট বিন্দু N এ স্থাপিত লক্ষকতুর বিম্ব ত্রুটিপূর্ণ চোখের নিকট বিন্দু O তে গঠন করে চিত্র ৯.২৩ (গ)।

৯.১২ রঙিন বস্তুর আলোকীয় উপলব্ধি

Perceptions of coloured objects

আমরা যখন কোনো বস্তু সেবি তখন বস্তু থেকে আসে আমাদের চোখে পড়ে। চক্ষু লেন্স কর্তৃক উক্ত আলো প্রতিস্রুতি হয়ে বস্তুর একটি প্রতিবিম্ব রেটিনায় গঠন করে। রেটিনায় বস্তুসংখ্যক স্নায়ু থাকে যারা এই অনুভূতি মস্তিষ্কে প্রেরণ করে। মস্তিষ্কে নিহিত বিশ্লেষণের পর আমরা সেই বস্তুকে দেখতে পাই। রেটিনা থেকে যে নার্ভগুলো মস্তিষ্কে গিয়েছে সেগুলোর নাম রড ও কন (rods and cones)। এদের মধ্যে কনগুলো বর্ণ সংবেদনশীল (colour sensitive)। তিন ধরনের কন আছে নীলবর্ণ সংবেদনশীল কন, লাল বর্ণ সংবেদনশীল কন এবং সবুজ বর্ণ সংবেদনশীল কন। কোনো বর্ণ যতই মিশ্র বা জটিল হোক না কেন চোখ সকল বর্ণকে মাত্র এই তিনটি বর্ণে ধারণ করে। রেটিনার কনগুলো এই ধারণকৃত তথ্য মস্তিষ্কে প্রেরণ করে। মস্তিষ্ক আবার বিশেষ প্রক্রিয়ার মাধ্যমে সকল বর্ণকে আলাদা করে দেয়। এভাবেই আমরা রঙিন বস্তুর আলোকীয় উপলব্ধি পাই।

৯.১৩ দৈনন্দিন জীবনে আলোর প্রতিসরণের ব্যবহার

Uses of refraction in our daily life

আমাদের চোখে একটি উত্তল লেন্স আছে। যখন আমরা কোনো বস্তু সেবি তখন আলো ঐ বস্তু থেকে এসে চোখের লেন্স কর্তৃক প্রতিসৃত হয়ে রেটিনার উপর পড়ে। রেটিনায় ঐ বস্তুর একটি বাস্তব ও উল্টা প্রতিবিম্ব গঠন করার পর আমরা বস্তুকে দেখতে পাই। সুতরাং আমাদেরকে দেখার কাজে সাহায্য করছে আলোর প্রতিসরণ।

অনেকের চোখে দৃষ্টির ত্রুটি আছে। কেউ হয়তো কাছের বস্তু দেখে না কেউ আবার দূরেরটা দেখে না। এসব ত্রুটি দূর করার জন্য আমরা নির্দিষ্ট ক্ষমতার লেন্স দ্বারা তৈরি চশমা ব্যবহার করি। চশমার মধ্য দিয়ে আলত আলোক রশ্মি প্রতিসৃত হয়ে চোখে পড়ে এবং বস্তু সঠিকভাবে দেখতে সহায়তা করে। সুতরাং দৃষ্টির ত্রুটি দূর করতে আলোর প্রতিসরণ কাজ করে।

আমরা ক্যামেরা দিয়ে ছবি তুলি, মাইক্রোস্কোপ দিয়ে অতিক্ষুদ্র জিনিস বড় করে সেবি, টেলিস্কোপ দিয়ে দূরের জিনিস কাছে সেবি এসব যন্ত্রেই আলোর প্রতিসরণ ধর্মকে ব্যবহার করা হয়।

স্বাক্ষরক্ষেত্রে ও টেলিকমিউনিকেশনে আমরা যে অপটিক্যাল ফাইবার ব্যবহার করে থাকি তাও আলোর প্রতিসরণ ধর্মের অবদান। আমাদের অনেকের ঘরে মাছের এ্যাকুইরিয়াম আছে। এখানে কিছু রঙিন মাছ রাখলে তাদের মজার গতিবিধি দেখা যায়। মাছ থেকে প্রথমে আলো পানির মধ্য দিয়ে এসে কাচের বক্রে আপতিত হয়। কাচে প্রতিসরণের পর আমাদের চোখে সেই দৃশ্য আসে। সুতরাং এখানেও প্রতিসরণের অবদান রয়েছে।

অনুসন্ধান : ৯.১

উত্তল লেন ব্যবহার করে প্রতিবিম্ব সৃষ্টি ও প্রদর্শন

উদ্দেশ্য : ল্যাবরেটরিতে উত্তল লেন ব্যবহার এবং বস্তুব প্রতিবিম্ব সৃষ্টি।

বস্তুস্রুতি : একটি উত্তল লেন।

কাজের ধারা

১. একটি উত্তল লেন নাও।
২. লেনটি নিয়ে তোমার ল্যাবরেটরির সরঞ্জাম অথবা জানালার নিকট দাঁড়াও।
৩. এবার লেনটিকে বাহিরের কোনো দৃশ্য যেমন-গাছপালা, দালান ইত্যাদির নিকে ধরো।
৪. লেনটিকে ডানে বামে লড়াচড়া করে লেনের পেছনের রাখা সাদা কাগজের উপর ঐ দৃশ্যের প্রতিবিম্ব তৈরি কর।
৫. প্রতিবিম্বটিকে সঠক করার জন্য লেনটিকে কাগজ হতে সামনে বা পিছনে সরানো।
৬. কোনো একটি নির্দিষ্ট দূরত্বে তুমি কতকগুলি সঠক প্রতিবিম্ব কাগজে দেখতে পাবে।
৭. এভাবে দূরের কতকগুলি সঠক প্রতিবিম্ব নেয়ালে প্রদর্শন করা যায়।
৮. প্রতিবিম্বের গঠন আলোচনা কর।

অনুসন্ধান : ৯.২

বিভিন্ন ব্যক্তির চোখের সঠক দর্পনের ন্যূনতম দূরত্ব নির্ণয় ও ব্যবহারযোগ্য চশমা সনাক্তকরণ

উদ্দেশ্য : সঠক দর্পনের ন্যূনতম দূরত্ব পরিমাপ করে চোখের ত্রুটি চিহ্নিত করা ও ব্যবহারযোগ্য চশমা সনাক্ত করা।

উপকরণ : খবরের কাগজ অথবা বই।

কাজের ধারা

১. তোমার শিক্ষক, সহপাঠী, মা বাবা, বড় ভাই বোনদের মধ্য থেকে চশমা ব্যবহার করে না এমন পঁচজনকে বাছাই কর।
২. বাছাইকরা একজনকে খবরের কাগজটি পড়তে দাও।
৩. তিনি খবরের কাগজটি চোখ থেকে যে অবস্থানে রেখে ভালোভাবে পড়তে সক্ষম হয়ে থাকে সে অবস্থানটি চিহ্নিত কর।
৪. এবার একটি সেন্টিমিটার স্কেল ব্যবহার করে চোখ থেকে খবরের কাগজের অবস্থান পরিমাপ কর। এটাই তার সঠক দর্পনের ন্যূনতম দূরত্ব।
৫. এইভাবে পঁচজন ব্যক্তিরই সঠক দর্পনের ন্যূনতম দূরত্ব পরিমাপ করে হকে লিখ।
৬. ছক থেকে প্রত্যেকের সঠক দর্পনের ন্যূনতম দূরত্ব যাচাই (25cm এর কম বা বেশি হলে) করে প্রয়োজনীয় চশমা সুপারিশ করতে পার।
৭. ভিন্ন ভিন্ন ব্যক্তির আলাদা সঠক দর্পনের ন্যূনতম দূরত্ব হওয়ার কারণ আলোচনা কর।

পর্ববেক্ষণ ছক

ব্যক্তির নাম	আনুমানিক বয়স	সঠক দর্পনের ন্যূনতম দূরত্ব	সুপারিশকৃত চশমা (প্রয়োজন হলে)

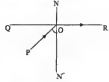
অনুশীলনী

ক. বহুনির্বাচনী প্রশ্ন

সঠিক উত্তরে টিক (✓) চিহ্ন দাও

১। ঘন মাধ্যমের ভিতরে রাখা কোনো বস্তুকে হালকা মাধ্যম থেকে দেখলে এর প্রতিবিম্ব কোথায় হবে?

- ক) উপরের দিকে উঠে আসবে খ) নিচের দিকে সরে যাবে
গ) একই জায়গায় থাকবে। ঘ) পাশে সরে যাবে



পাশের চিত্র থেকে ২ ও ৩ সং প্রশ্নের উত্তর দাও।

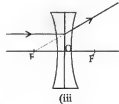
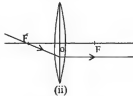
২। এখানে প্রতিসরণ কোণ কত?

- ক) 0° খ) 90°
গ) 180° ঘ) 45°

৩। আপতন কোণ যদি অসূর্য বড় হয় তাহলে কী ঘটবে?

- ক) পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিসরণ খ) পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলন
গ) প্রতিসরণ ঘ) প্রতিফলন

৪। উত্তল লেন্সে প্রতিবিম্ব অঙ্কনের ক্ষেত্রে সরাসর ব্যবহৃত রশ্মি তিন -



- ক. i খ. ii গ. i ও ii ঘ. i, ii ও iii

৫। লেন্সের ক্ষমতার একক কোনটি?

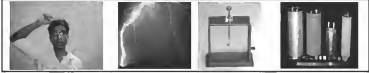
- ক) ডায়োপ্টার খ) ওয়াট
গ) অণু ক্ষমতা ঘ) কিলোগ্রাট-ফট

৬. সূক্ষ্মদর্শী প্রশ্ন

১। দশম শ্রেণির ছাত্রী শিউলী শ্রেণি ককে ব্লাক বোর্ডের লেখা ভালভাবে দেখতে পায় না। ফলে ডাক্তারের পরামর্শে হলে ডাক্তার তাকে -2D ক্ষমতাসম্পন্ন লেন্স চশমা হিসাবে ব্যবহারের পরামর্শ দিলেন।

- ক) লেন্স কাকে বলে?
খ) লেন্স না করে কীভাবে একটি লেন্স সনাক্ত করা যায়?
গ) শিউলীর চশমার ফোকাস দূরত্ব নির্ণয় কর।
ঘ) শিউলীকে ঋণাত্মক (-) ক্ষমতার লেন্স ব্যবহারের পরামর্শ দেওয়ার যৌক্তিকতা লিখ।

দশম অধ্যায়
শিথর তড়িৎ
STATIC ELECTRICITY



আমরা জানি প্রত্যেক পদার্থেই প্রোটন ও ইলেকট্রন থাকে। তুমি কি জান যে জোয়ার শরীরে 10^{28} টি এর চেয়েও বেশি প্রোটন এবং প্রায় সমান সংখ্যক ইলেকট্রন আছে। এই ইলেকট্রন ও প্রোটনের একটি মৌলিক ধর্ম হচ্ছে আধান (Charge)। প্রোটনের আধানকে ধনাত্মক ও ইলেকট্রনের আধানকে ঋণাত্মক বলা হয়। আহিত বস্তু পরস্পরের উপর বল প্রয়োগ করে – যা তড়িৎ বল নামে পরিচিত। তড়িৎ বল প্রকৃতির একটি মৌলিক ও গুরুত্বপূর্ণ বল। এই অধ্যায়ে আমরা লেবন কীভাবে কোনো কস্তুকে আহিত করা যায়। আমরা আরো লেবন কীভাবে আধানের অস্তিত্ব বোঝা যায়, কীভাবে তাদের মধ্যকার বল বিশ্লেষণ করতে হয়। এই অধ্যায়ে আমাদের আলোচিত আধানগুলো একসাথে শিথর থাকবে। এই জন্য আমরা এই অধ্যায়কে শিথর তড়িৎ হিসেবে আখ্যায়িত করেছি। আমরা সবশেষে এই শিথর আধানের ব্যবহার এবং এর থেকে কিছু বিপদ ও সেই বিপদ থেকে কীভাবে সাবধান থাকতে হবে তাও আলোচনা করব।

এই অধ্যায় পাঠ শেষে আমরা –

১. পরমাণু গঠনের ভিত্তিতে আধান সৃষ্টির মৌলিক কারণ ব্যাখ্যা করতে পারব।
২. ঘর্ষণ ও আবেশ প্রক্রিয়ায় আধান সৃষ্টি ব্যাখ্যা করতে পারব।
৩. তড়িৎবিশিষ্ট বস্তুর সাহায্যে আধান সনাক্তকরণ করতে পারব।
৪. কুলম্বের সূত্র ব্যবহার করে তড়িৎ বল পরিমাপ করতে পারব।
৫. তড়িৎ ক্ষেত্র সৃষ্টির কারণ ব্যাখ্যা করতে পারব।
৬. তড়িৎ বলরেখার নিক তড়িৎ ক্ষেত্রের নিককে নির্দেশ করে ব্যাখ্যা করতে পারব।
৭. তড়িৎ বিভব ব্যাখ্যা করতে পারব।
৮. তড়িৎ শক্তি সঞ্চারণে ধারকের কার্যক্রম ব্যাখ্যা করতে পারব।
৯. শিথর তড়িৎ ব্যবহার ব্যাখ্যা করতে পারব।
১০. শিথর তড়িৎ বিশদজনক ঝুঁকি হতে রক্ষার কৌশল ব্যাখ্যা করতে পারব।

১০.১ আধান

Charge

এক সৌরতর সকালে সৌরত তার প্রান্তিকের চিহ্নীটি হাতে নিল চুল আচড়ানোর জন্য। কিন্তু চুল আচড়ানোর আগে সৌরত চিহ্নীটিকে তার উলের গুলগুড়ার সাথে কিছুক্ষণ ঘষে নিল। এবার চুল আচড়াতে গেলে সে বিশ্বাসের সাথে লক্ষ করল যে ঐ চিহ্নী দিয়ে চুল আচড়ানো যাচ্ছে না, চুলগুলো সব ঝড়া হয়ে গেছে যেন পরস্পরকে বিকর্ষণ করে দূরে ঠেলে দিচ্ছে। সৌরত এখন চিহ্নীটিকে টেবিলের কাছে আনতেই দেখতে পেল যে, টেবিলের উপর পড়ে থাকা টুকরো কাগজগুলোকে চিহ্নীটি আকর্ষণ করছে। সৌরতের মত এ রকম অভিজ্ঞতা হয়েছে তোমাদের অনেকেরই হয়েছে। আমাদের দৈনন্দিন জীবনে আমরা দেখি যে আমাদের চারপাশের অনেক জিনিসই সৌরতের চিহ্নীর মত আচরণ করে।

করে দেখ : তোমার প্রান্তিকের স্কেলটিকে তোমার নুকনো চুলের সাথে কিছুক্ষণ ঘষে কতগুলো কাগজের টুকরোর কাছে ধর। কী দেখতে গেলে?

আমরা দেখি যে, কোনো কস্তু বিশেষ অবস্থায় অন্য কস্তুকে আকর্ষণ করে বা তড়িৎাক্ষ বা আহিত হয় অর্থাৎ কস্তুতে তড়িৎের উৎপত্তি হয়। এই তড়িৎ দেখানে উৎপন্ন হয় সোমানেই থাকে বলে একে স্থির তড়িৎ বলা হয়। এখন দেখা যাক, তড়িৎাক্ষ বা আহিত হওয়া কালে আমরা কী বুঝি?

আমরা জানি প্রত্যেক পদার্থ ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণা দ্বারা গঠিত। এসেবকে পরমাণু বলে। প্রত্যেক পরমাণুর নিউক্লিয়াসের চারদিকে ঘূর্ণায়মান ইলেকট্রন দ্বারা গঠিত। নিউক্লিয়াসের মধ্যে সুই ধরনের কণা থাকে—প্রোটন ও নিউট্রন। পদার্থ সৃষ্টিকারী মৌলিক কণাসমূহের (ইলেকট্রন ও প্রোটন) মৌলিক ও বৈশিষ্ট্যমূলক ধর্মই হচ্ছে আধান বা চার্জ। ইলেকট্রনের আধানকে ঋণাত্মক এবং প্রোটনের আধানকে ধনাত্মক ধরা হয়। নিউট্রন তড়িৎ নিরপেক্ষ অর্থাৎ এতে কোনো আধান নেই। একটি প্রোটনে আধানের পরিমাণ ইলেকট্রনের আধানের সমান। স্বাভাবিকভাবে একটি পরমাণুতে ইলেকট্রনের সংখ্যা প্রোটনের সংখ্যার সমান থাকে। ফলে একটা গোটা পরমাণুতে কোনো তড়িৎ ধর্ম প্রকাশ পায় না। বিভিন্ন পরমাণুর পরমাণুতে প্রোটন ও ইলেকট্রনের সংখ্যা বিভিন্ন হয়।

কোনো পরমাণুতে যতক্ষণ পর্যন্ত ইলেকট্রন ও প্রোটনের সংখ্যা সমান থাকে ততক্ষণ পর্যন্ত তা নিরুতড়িৎ বা তড়িৎ নিরপেক্ষ থাকে। কিন্তু পরমাণুতে এসের সংখ্যা সমান না হলে পরমাণু তড়িৎাক্ষ হয় অর্থাৎ আহিত হয়। কোনো পরমাণুতে ইলেকট্রনের সংখ্যা কমে গেলে প্রোটনের আধিক্য দেখা দেয়। এ অবস্থাকে বলা হয় ধনাত্মক আধানে আহিত হওয়া। আবার এই বিচ্ছিন্ন ইলেকট্রন অপর কোনো পরমাণুর সাথে যুক্ত হলে সে পরমাণুতে প্রোটনের চেয়ে ইলেকট্রনের সংখ্যা বেড়ে যায়, ফলে ঋণাত্মক আধানে আহিত হয়। পরমাণুতে ইলেকট্রনের সংখ্যা স্বাভাবিকের চেয়ে কম বা বেশি হওয়াকে আহিত হওয়া বলে।

যে সকল পরমাণুর মধ্য দিয়ে তড়িৎ তথা আধান সহজে চলাচল করতে পারে তাদেরকে পরিবাহক বা পরিবাহী বলে, যেমন ধাতব পদার্থ, মাটি, মানবদেহ প্রভৃতি। সাধারণত ধাতব পদার্থ তড়িৎ সুপরিবাহী হয়। তামা, তুপা, অ্যালুমিনিয়াম ইত্যাদি সুপরিবাহী। অপর পক্ষে যে সকল পরমাণুর মধ্য দিয়ে তড়িৎ তথা আধান চলাচল করতে পারে না তাদেরকে অন্তরক বা অপরিবাহী বলে, যেমন কাঠ, কাগজ, কাচ ইত্যাদি।

১০.২ ঘর্ষণ দ্বারা আহিতকরণ

Electrification by friction

পরীক্ষণ: একটি হালকা পোশার বস্তকে একটি সুতার সাহায্যে কোন সঁচা বা ছক থেকে স্থিরিয়ে দাও। এখন একটি নুকনো সিডের কাগজের টুকরা দিয়ে একটি নুকনো কাচদণ্ডের একপ্রান্ত ভালোভাবে ঘষো। কাচদণ্ড ও সিডের কাগজের টুকরা দুর্বের কিরণে স্থিরিয়ে পরম করে নিলে ভালো হয়। এখন কাচদণ্ডের দ্বারা প্রান্তটি মুক্তভাবে খুলানো হালকা পোশার বস্তর কাছে আনো। কী দেখতে গেলে? কাচদণ্ড দণ্ডেরবাক্যে আকর্ষণ করে।

স্বাভাবিক অবস্থার পরমাণুতে ইলেকট্রন ৩ প্রোটন সমপরিমাণে থাকে। তবে প্রত্যেক পরমাণুরই প্রয়োজনের অভিকর্ষিত ইলেকট্রনের প্রতি আসক্তি থাকে। ইলেকট্রনের প্রতি এই আসক্তি বিভিন্ন



চিত্র : ১০.১



চিত্র : ১০.২



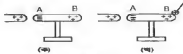
চিত্র : ১০.৩

কম্বুতে বিভিন্ন রকম। তাই দুইটি কম্বুকে যখন পরস্পরের সন্নিবেশে আনা হয় তখন যে কম্বুর ইলেকট্রন আসক্তি বেশি সে কম্বু অপর কম্বুটি থেকে ইলেকট্রন সর্বাঙ্গ করে ঋণাত্মক আধান আহিত হয়। একটি কাচদণ্ডকে সিল্ক দ্বারা ঘষলে এরকম ঘটনা ঘটে (চিত্র ১০.১)। নিজের ইলেকট্রন আসক্তি কচের চেয়ে বেশি বলে, এদের যখন পরস্পরের সাথে ঘষা হয়, তখন কাচ থেকে ইলেকট্রন সিল্ক চলে যায়। এর ফলে সিল্ক ঋণাত্মক আধানে এবং কাচদণ্ড ধনাত্মক আধানে আহিত হয়। এখন্য কাচদণ্ড শোলাকণকে আকর্ষণ করে (চিত্র ১০.২)। আবার ক্রানসেলের কাগড়ের সাথে ইবোরাইট বা পলিথিন দণ্ড যখন, পলিথিন দণ্ড ঋণাত্মক আধানে আহিত এবং ক্রানসেলের কাগড় ধনাত্মক আধানে আহিত হয়। কারণ, পলিথিনের ইলেকট্রন আসক্তি ক্রানসেলের চেয়ে বেশি বলে, পরস্পরের সাথে ঘর্ষণের ফলে ক্রানসেলের কাগড় থেকে ইলেকট্রন পলিথিন দণ্ডে চলে আসে (চিত্র ১০.৩)।

১০.৩ তড়িৎ আবেশ

Electric induction

আমরা দেখেছি যে, দুইটি কম্বুর পরস্পরিক ঘর্ষণের ফলে আধানের উদ্ভব হয়। আধার আহিত কম্বুকে অবহিত কম্বুর সন্নিবেশে আনলে অবহিত কম্বুটি আহিত হয়। কিন্তু অবহিত কম্বুকে আহিত কম্বুর সন্নিবেশে না এনে শুধু কাছাকাছি নিয়ে এলেও এটি আহিত হয়। তড়িৎ আবেশের অন্য এককম হয়। একটি আহিত কম্বুর কাছে এসে স্পর্শ না করে শুধুমাত্র এর উপস্থিতিতে কোনো অবহিত কম্বুকে আহিত করার পদ্ধতিকে তড়িৎ আবেশ বলে। নিজের সহকর্মীকার সাধ্যম্যে তড়িৎ আবেশ ব্যাখ্যা করা যায়।



চিত্র : ১০.৪

পরীক্ষণ : রাসায়নের হাতল বিশিষ্ট একটি খুকনো কাচদণ্ডকে ধ্রুপদ নিয়ে ভাঙে করে যখন এর এক প্রান্ত হাতে ধরে আবার প্রান্ত একটি অবহিত পরিবাহী দণ্ড AB এর A প্রান্তের নিকটে আনলে পরিবাহীর দণ্ড ইলেকট্রনগুলো কচদণ্ডের ধনাত্মক আধান দ্বারা আকৃষ্ট হয়ে A প্রান্তে সরে আসে (চিত্র ১০.৪ ক)। ফলে B প্রান্তে ইলেকট্রন ঘাটতি সৃষ্টি হয়, ফলে B প্রান্ত ধনাত্মক আধানে আহিত হয় এবং A প্রান্ত ঋণাত্মক আধানযুক্ত হয়। আধান সর্বাঙ্গিক। একটি পরিবাহী হাতলের প্রান্তে লগাণো ছদ্ম ধাতব পাত বা কাঁ দিয়ে B প্রান্ত থেকে কিছু আধান সর্বাঙ্গ করে (চিত্র ১০.৪ খ) তড়িৎবীজক যন্ত্রের সাধ্যম্যে এর প্রকৃতি নির্ণয় করলে, উপস্থিতিত বস্তুরের সভ্যতা প্রমাণিত হবে।

এখানে নতুন কোনো আধান উৎপন্ন হয় না। আহিত কচদণ্ডের উপস্থিতির কারণে সন্নিবেশ বিশিষ্ট জাতীয় আধান পৃথক হয়ে পরিবাহীর দুই প্রান্তে সরে গেছে যার। যতদূর কাচদণ্ডটি AB পরিবাহীর কাছে থাকবে ততদূর বিশুদ্ধ আধান এভাবে পৃথক হয়ে পরিবাহীর দুই প্রান্তে অবস্থান করবে। উৎপন্ন পলীকার কচদণ্ডের ধনাত্মক আধান বা AB

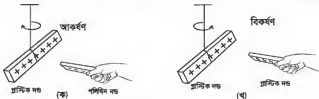
আধানের উপস্থিতি নির্ণয় : কোনো বস্তুতে আধানের অস্তিত্ব অর্থাৎ কোনো বস্তুতে আধান আছে কি না নির্ণয়ের জন্য বস্তুটিকে একটি অনাহিত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের চাকতির কাছে আনতে হবে। এতে যদি পাত দুইটি পরস্পর থেকে দূরে সরে যায়, তাহলে বুঝতে হবে বস্তুটিতে আধানের অস্তিত্ব আছে। কিন্তু যদি পাত দুইটি পরস্পর থেকে দূরে সরে না যায়, তাহলে বুঝতে হবে বস্তুটিতে আধান নেই।

আধানের প্রকৃতি নির্ণয় : কোনো তড়িৎপ্রস্তুত বস্তুতে কী ধরনের আধান আছে তা জানতে হলে তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রটিকে প্রথমে ধনাত্মক কিংবা ঋণাত্মক আধানে আহিত করতে হবে। ধরা যাক, যন্ত্রটিকে ধনাত্মক আধানে আহিত করা হলো। ঐ অবস্থায় পাতদ্বয়ে ধনাত্মক আধান থাকায় এরা ফীক হয়ে যাবে। এখন পরীক্ষণীয় বস্তুটিকে তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের চাকতির সন্দেশে আনলে যদি পাত দুটির ফীক কমে যায়, তাহলে বুঝতে হবে ঐ বস্তুটি ঋণাত্মক আধানে আহিত। পক্ষান্তরে পরীক্ষণীয় বস্তুটিকে চাকতির সন্দেশে আনলে যদি ফীক বেড়ে যায়, তাহলে বুঝতে হবে বস্তুটি ধনাত্মক আধানে আহিত।

১০.৫ তড়িৎ বল

Electric force

বলের প্রকৃতি : একটি ধনাত্মক আধানে আহিত প্রাস্টিক দণ্ডকে নাইলনের সূতা দিয়ে ঝুলিয়ে দেওয়া হলো (চিত্র ১০.৮ ক)। এবার একটি ঋণাত্মক আধানে আহিত পলিথিনের দণ্ডকে এর নিকটে আনা হলো। কী দেখা যাবে? প্রাস্টিকের দণ্ডটি পলিথিনের দণ্ডের দিকে ছুঁতে যাবে। এ থেকে বুঝা যায়, দুইটি বিপরীত আধানে আহিত বস্তু পরস্পরকে আকর্ষণ করে।



চিত্র : ১০.৮

এবার একটি ধনাত্মক আধানে আহিত প্রাস্টিক দণ্ডকে ঝুলন্ত ধনাত্মক আধানে আহিত প্রাস্টিকের দণ্ডের দিকে নিয়ে এসে (চিত্র ১০.৮ খ) কী দেখা যাবে? ঝুলন্ত দণ্ডটি দূত দূরে সরে যাবে। অর্থাৎ সমজাতীয় আধান পরস্পরকে বিকর্ষণ করে।

কুলম্বের সূত্র : আমরা দেখলাম, দুইটি বিপরীত জাতীয় আধান পরস্পরকে আকর্ষণ করে, দুইটি সমজাতীয় আধান পরস্পরকে বিকর্ষণ করে। দুইটি আধানের মধ্যবর্তী এই আকর্ষণ বা বিকর্ষণের বলের মান নির্ভর করে,

১. আধান দুইটির পরিমাণের উপর
২. আধান দুইটির মধ্যবর্তী দূরত্বের উপর
৩. আধান দুইটি যে মাধ্যমে অবস্থিত তার প্রকৃতির উপর।

দুইটি আধানের মধ্যবর্তী আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল সম্পর্কে বিজ্ঞানী কুলম্ব একটি সূত্র বিবৃত করেন। একে কুলম্বের সূত্র বলে।



চিত্র : ১০.৯

সূত্র : নির্দিষ্ট মাধ্যমে দুইটি বিন্দু আধানের মধ্যে ক্রিয়ালীল আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বলের

মান আধানদ্বয়ের গুণফলের সমানুপাতিক, মধ্যবর্তী দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক এবং এই বল এদের সমভাষিক সরলরেখা জ্যাক্রা ক্রিয়া করে।

ধরা যাক, দুইটি আধানের পরিমাণ যথাক্রমে q_1 ও q_2 এবং এদের মধ্যবর্তী দূরত্ব d (চিত্র ১০.৯)। এদের মধ্যবর্তী ক্রিয়াশীল আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল F হলে, কুলম্বের সূত্রানুসারে,

$$F \propto \frac{q_1 q_2}{d^2}$$

$$\text{বা, } F = C \frac{q_1 q_2}{d^2} \quad (10.1)$$

এখানে C একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক। শূন্যস্থানের জন্য এর মান $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 \text{ C}^{-2}$ । একে অনেক সময় কুলম্বের ধ্রুবক বলা হয়।

আধানের একক : আধানের একক হচ্ছে কুলম্ব (C)। এটি একটি লব্ধ একক। অ্যাম্পিয়ারের সাহায্যে এর সঙ্গে দেওয়া হয়।

কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে এক অ্যাম্পিয়ার (1 A) প্রবাহ এক সেকেন্ড (1 s) ব্যৱে চললে এর যেকোনো প্রস্থচ্ছেদ দিয়ে যে পরিমাণ আধান প্রবাহিত হয় তাকে এক কুলম্ব (1 C) বলে।

পরিমিতিক উদাহরণ ১০.১: একটি 20 C এর আহিত কন্ডাক্টর শূন্যস্থানে অপর একটি 50 C এর আহিত কন্ডাক্টর থেকে 2 m দূরে রাখা হলো। এদের মধ্যবর্তী বলের মান নির্ণয় কর।

আমরা জানি,

$$F = C \frac{q_1 q_2}{d^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2} \times \frac{20 \text{ C} \times 50 \text{ C}}{(2 \text{ m})^2}$$

$$= 2.25 \times 10^{12} \text{ N}$$

এখানে,
প্রথম আধান, $q_1 = 20 \text{ C}$
দ্বিতীয় আধান, $q_2 = 50 \text{ C}$
দূরত্ব, $d = 2 \text{ m}$
বল, $F = ?$

১০.৬ তড়িৎ ক্ষেত্র

Electric field

ধরা যাক A একটি ধনাত্মক আধানের কন্ডাক্টর। এখন P বিন্দুতে (চিত্র ১০.১০) যদি একটি আধান $+q$ রাখা হয় তাহলে A কন্ডাক্টর আধানের জন্য $+q$ আধানটি একটি বল অনুভব করবে। আমরা বলি P বিন্দুতে একটি তড়িৎ ক্ষেত্র বিদ্যমান করছে যার উৎস হচ্ছে আহিত কন্ডাক্টর A । অর্থাৎ, একটি আহিত কন্ডাক্টর নিকটে অন্য একটি আহিত কন্ডাক্টর আনলে সেটি আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল অনুভব করে। আহিত কন্ডাক্টর চারদিকে যে অঞ্চল জুড়ে এই প্রভাব বিদ্যমান থাকে সেই অঞ্চলকেই এই কন্ডাক্টর তড়িৎ ক্ষেত্র বলে।

তড়িৎ তীব্রতা: কুলম্বের সূত্র থেকে সেবা যায় যে, P বিন্দুটি A কন্ডাক্টর যত নিকটবর্তী হয় ঐ বিন্দুতে তড়িৎ ক্ষেত্রের সকলতাও তত বৃদ্ধি পায়। তড়িৎ ক্ষেত্রের সকলতাকে তীব্রতা বলা হয়। তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে একটি একক ধনাত্মক আধান স্থাপন করলে সেটি যে বল অনুভব করে তাকে ঐ বিন্দুর তড়িৎ তীব্রতা বলে।

যদি P বিন্দুতে স্থাপিত আধানটি F বল লাভ করে তাহলে P বিন্দুর তড়িৎ তীব্রতা,

$$E = \frac{F}{q} \quad (10.2)$$



চিত্র : ১০.১০

আধান স্থাপন করলে সেটি কোনো কাজ করতে না। এই বিদ্যুৎকে নিরশেষে কিছু বলা হয়।

৪. দুইটি অসমান ধনাত্মক আধানের জন্য সৃষ্টি তড়িৎ ক্ষেত্রের ক্যাজেবা ১০.১১ (খ) চিত্রে দেখানো হলো। এক্ষেত্রে নিরশেষে কিছু N ক্ষুদ্রতর আধানের নিকটবর্তী হবে।

১০.৭ তড়িৎ বিভব

Electric potential

তড়িৎ ক্ষেত্রের যেমন তীব্রতা থাকে, তেমনি তড়িৎ ক্ষেত্রের বিভবও থাকে। বিভব দ্বারা নির্ধারিত হবে তড়িৎ ক্ষেত্রে একটি আধান কোনো সিকে পতিতশীল হবে বা দুইটি পরিবাহী সংলগ্ন করলে কোন পরিবাহী থেকে কোন পরিবাহীতে আধান প্রবাহিত হবে। তড়িৎ ক্ষেত্র সৃষ্টিকারী আহিত বস্তুটির আধান ধনাত্মক হলে একটি ধনাত্মক আধানকে বস্তুটির সিকে আনতে বিকর্ষণ বলের বিরুদ্ধে কাজ করতে হয়। সুতরাং, অসীম থেকে একটি একক ধনাত্মক আধানকে বস্তুটির যত নিকটবর্তী কোনো বিন্দুতে আনতে হবে তত বেশি কাজ করতে হবে। তাই ধনাত্মকভাবে আহিত একটি বস্তুটির তড়িৎ ক্ষেত্রের মধ্যে একটি বিন্দু বস্তুটির যত নিকটে হবে তার বিভবও তত বেশি হবে। ধনাত্মকভাবে আহিত একটি বস্তুটির তড়িৎ ক্ষেত্রে স্থাপিত একটি ধনাত্মক আধান যদি মুক্তভাবে চলতে পারে, তবে সেটি ধনাত্মকভাবে আহিত বস্তু থেকে দূরে সরে যাবে। সুতরাং কাজ চলে ধনাত্মক আধান উচ্চ বিভব থেকে নিম্ন বিভবের সিকে চলে। অপরদিকে ঋণাত্মক আধান ধনাত্মক ভাবে আহিত বস্তুটির সিকে চলে। সুতরাং, ঋণাত্মক আধান নিম্নবিভব থেকে উচ্চ বিভবের সিকে চলে। ক্ষেত্র সৃষ্টিকারী আহিত বস্তুটি ঋণাত্মকভাবে আহিত হলে একটি একক ধনাত্মক আধানকে ঐ বস্তুটির সিকে আনতে আকর্ষণ বল দ্বারা কাজ সম্পন্ন হবে। ঋণাত্মকভাবে আহিত বস্তুটির তড়িৎ ক্ষেত্রে অসীম থেকে ধনাত্মক আধান বস্তুটির সিকে আসতে নিজেই কাজ করে। ফলে আধানটি শক্তি হারায় এবং তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুর বিভবকে ঋণাত্মক করা হয়।

বিভবের পরিমাপ : অসীম দূরত্ব থেকে প্রতি একক ধনাত্মক আধানকে তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে আনতে যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন হয় তাকে ঐ বিন্দুর তড়িৎ বিভব বলে। আবার, অসীম থেকে প্রতি একক ধনাত্মক আধানকে পরিবাহীর খুব নিকটে আনতে তড়িৎ বল দ্বারা বা তড়িৎ বলের বিরুদ্ধে যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন হয়, তাকে ঐ পরিবাহীর বিভব বলে।

অসীম থেকে ক্ষুদ্র আধান q কে তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে বা পরিবাহীর খুব নিকটে আনতে যদি সম্পন্ন কাজের পরিমাণ W হয়, তবে ঐ বিন্দুর বা ঐ পরিবাহীর বিভব V হবে $V = \frac{W}{q}$ (10.3)

দুইটি আহিত পরিবাহীকে তড়িৎপাতভাবে সংলগ্ন করলে কোন সিক দিয়ে আধান প্রবাহিত হবে তড়িৎ বিভব দ্বারা তা নির্ধারিত হবে।

দুইটি আধানমুক্ত খাতব গোলককে একটি পরিবাহী তার দ্বারা সংলগ্ন করলে (চিত্র ১০.১২) নিম্নের যেকোনো একটা ঘটনা ঘটতে পারে।

১. বাম গোলক থেকে কিছু আধান ডান গোলকে যেতে পারে।
২. ডান গোলক থেকে কিছু আধান বাম গোলকে যেতে পারে।
৩. আধান যেমন ছিল তেমনই থাকতে পারে।

আধান কোন গোলক থেকে কোন গোলকে যাবে তা কিছু গোলকদ্বয়ের আধানের পরিমাণের উপর নির্ভর করে না। এটি নির্ভর করে যে বিদ্যুতটির উপর তাকে তড়িৎ বিভব কাজ। যে গোলকের বিভব বেশি তা থেকে কম বিভবের গোলকে ধনাত্মক আধান প্রবাহিত হবে। দুইটি গোলকের বিভব সমান না হওয়া পর্যন্ত আধানের এই প্রবাহ চলবে।

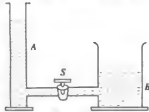


চিত্র : ১০.১২

সুতরাং, বিদ্যুৎ হচ্ছে আহিত পরিবাহীর তড়িৎ অবস্থা বা নির্ধারণ করে ঐ পরিবাহীট অন্যান্যকোনো পরিবাহীর সাথে তড়িৎসংযোগে যুক্ত করলে আধান সেবে না দেবে।

তাপমাত্রা ও ভরসের মুক্ততাসের সাথে বিদ্যুৎ সাদৃশ্য : তাপবিজ্ঞান ও উদ্ভিদবিজ্ঞানীয় ব্যবস্থায় তাপমাত্রা ও ভরসের মুক্ততাল যে ছবিলা পালন করে থাকে শির তড়িৎবিজ্ঞানীয় বিভবও সেই একই ছবিলা পালন করে থাকে। আমরা জানি, দুইটি কন্ডাক্টে তাপীয়ভাবে সংযুক্ত করলে তাদের মধ্যে তাপের আদান প্রদান হতে পারে। তাপের প্রবাহ কন্ডাক্টর ভর তথা তাপের পরিমাণের উপর নির্ভর করে না—তাপের প্রবাহ নির্ভর করে তাপমাত্রার উপর। অন্যান্য উদ্ভিদ একটি কন্ডাক্টে তার চেয়ে অনেকগুণ ভারী কিন্তু কম তাপমাত্রা বিশিষ্ট লবণ কন্ডাক্টর সাথে সংযুক্ত করলে তাপ ছোট কন্ডাক্ট থেকে বড় কন্ডাক্টে প্রবাহিত হবে, যদিও বড় কন্ডাক্টর তাপের পরিমাণ ছোট কন্ডাক্টর মতমাত্র তাপের পরিমাণের চেয়ে অনেক বেশি।

একই অনুভূমিক তলে স্থাপিত দুইটি পাত্র A ও B একটি লম্বা স্টপ-কর্ক S এর মাধ্যমে যুক্ত আছে (চিত্র ১০.১৩)। স্টপ-কর্ক বন্ধ করে A ও B কে পানি ঢালা হলে বাড়ে A ও B উভয় নলে পানির উচ্চতা সমান হয়। B নলের ঘাস A নলের ঘাসের চেয়ে অনেক বড় হওয়ার একই উচ্চতা পর্যন্ত পানি পূর্ণ করতে B নলের জন্য অনেক বেশি পানির প্রয়োজন হবে। এখন যদি স্টপ-কর্ক খুলে দেওয়া হয় তবে দেখা যাবে তাপের উচ্চতার কোনো পরিবর্তন হয় না, অর্থাৎ পানির প্রবাহ ঘটে না। দুই নলের মধ্যে পানির পরিমাণ ভিন্ন হওয়া সত্ত্বেও উচ্চতা সমান থাকার জন্য পানির প্রবাহ হচ্ছে না। এখন যদি পুনরায় স্টপ-কর্ক বন্ধ করে A নলে সামান্য পরিমাণ পানি ঢালা হয় তবে A তে পানির পরিমাণ B এর চেয়ে কমই থাকবে কিন্তু এর উচ্চতা লম্বা হুঁশি পাবে। এরপর স্টপ-কর্ক খুলে দেয়া যায় যে A থেকে পানি B তে প্রবাহিত হয় এবং পুনরায় A ও B এর পানির সত্তরের উচ্চতা সমান হয়। এ থেকে বুঝা যায়, পানির প্রবাহ অর্থাৎ আধানপ্রদান পানির পরিমাণের উপর নির্ভর করে না উচ্চতার উপর নির্ভর করে।



ধরা যাক, দুইটি পরিবাহী ধনাত্মকভাবে আহিত। প্রথম পরিবাহীর আধানের পরিমাণ দ্বিতীয় পরিবাহীর আধানের চেয়ে বেশি, কিন্তু প্রথমটির বিভব দ্বিতীয়টির চেয়ে কম। এখন পরিবাহী দুইটিকে একটি পরিবাহী ভর দিয়ে সংযুক্ত করলে দ্বিতীয় পরিবাহী থেকে প্রথম পরিবাহীতে ধনাত্মক আধান প্রবাহিত হবে। আধানের পরিমাণ প্রথম পরিবাহীতে বেশি হওয়া সত্ত্বেও বিভব কম হওয়ার এটি আদান গ্রহণ করে। আধানের প্রবাহের ফলে দ্বিতীয় পরিবাহী দুইটির বিভব সমান হবে তখন আধানের প্রবাহ বন্ধ হয়ে যাবে।

সুতরাং, বলা যায়, তাপবিজ্ঞানে তাপমাত্রার ছবিলা, উদ্ভিদবিজ্ঞানীয় ভরসের মুক্ততাসের ছবিলা তার শির তড়িৎবিজ্ঞানীয় বিভবের ছবিলা একই।

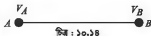
পৃথিবী বা ছুরি বিভব শূন্য : পৃথিবী একটি তড়িৎ পরিবাহী। কোনো আহিত কন্ডাক্টে পৃথিবীর সাথে যুক্ত করলে কন্ডাক্ট নিঃশক্তি হয়। ধনাত্মকভাবে আহিত কন্ডাক্টে মুক্ততর করে পৃথিবী থেকে ইলেকট্রন এসে কন্ডাক্টে নিঃশক্তি করে। আর ঋণাত্মকভাবে আহিত কন্ডাক্টে পৃথিবীর সাথে সংযুক্ত করলে কন্ডাক্ট থেকে ইলেকট্রন ছুটিতে প্রবাহিত হয়, ফলে কন্ডাক্ট নিঃশক্তি হয়। পৃথিবী এক বিদ্যুৎ যে, এতে আধান ভেগ-বিয়োগ করলে এর বিভবের পরিবর্তন হয় না। যেমন, সমুদ্র থেকে পানি ছুঁলে নিলে বা সমুদ্রে পানি ঢালা হলে এর পানি ভরসের কোনো পার্থক্য হয় না। পৃথিবী বিভিন্ন কন্ডাক্ট থেকে প্রতিনিরত আদান গ্রহণ করে আবার সাথে সাথে মন্য কন্ডাক্টে আদান সরাচ্ছাড়া করে, ফলে পৃথিবীকে আধানহীন মনে করা হয়। কোনো আধানের উচ্চতা নির্ণয়ের সময় সমুদ্রের উপরিভাগের উচ্চতাকে যেমন শূন্য ধরা হয় তেমনই বিভব নির্ণয়ের সময় পৃথিবীর বিভবকেও শূন্য ধরা হয়।

শূন্য, ধনাত্মক ও ঋণাত্মক বিভব : কোনো আধানহীন পরিবাহীর বিভবকে শূন্য ধরা হয়। কোনো আহিত পরিবাহীকে পৃথিবীর সাথে সংযুক্ত করলে তার বিভবও শূন্য হয়। কেননা, সংযুক্ত অবস্থায় পৃথিবী ও পরিবাহী একত্রে একটি পরিবাহীতে পরিণত হয়। ধনাত্মক আধানে আহিত পরিবাহীর বিভব ধনাত্মক আর ঋণাত্মক আধানে আহিত পরিবাহীর বিভব ঋণাত্মক।

বিভবের একক ভোল্ট : অসীম থেকে প্রতি কুলম্ব (1C) ধনাত্মক আধানকে তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে আনতে যদি এক জুল (1J) কাজ সম্পন্ন হয়, তবে ঐ বিন্দুর বিভবকে এক ভোল্ট (1V) বলে।

তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুর বিভব 20 V বলতে বুঝায় অসীম থেকে প্রতি কুলম্ব ধনাত্মক আধানকে তড়িৎ ক্ষেত্রের ঐ বিন্দুতে আনতে 20 J কাজ সম্পন্ন হয়।

বিভব পার্থক্য : ধরা যাক, তড়িৎ ক্ষেত্রের মধ্যে অবস্থিত A ও B দুইটি বিন্দু বাসের বিভব যথাক্রমে V_A ও V_B (চিত্র ১০.১৪)। অসীম থেকে প্রতি একক ধনাত্মক আধানকে A বিন্দুতে আনতে কাজের পরিমাণ V_A এবং B বিন্দুতে আনতে কাজের পরিমাণ V_B । অতএব প্রতি একক ধনাত্মক আধানকে B বিন্দু থেকে A বিন্দুতে আনতে কাজের পরিমাণ $V_A - V_B$ অর্থাৎ এই দুই বিন্দুর বিভব পার্থক্য।



প্রতি একক ধনাত্মক আধানকে তড়িৎ ক্ষেত্রের এক বিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে স্থানান্তর করতে সম্পন্ন কাজের পরিমাণকে এই দুই বিন্দুর বিভব পার্থক্য বলে। বিভব পার্থক্যের একক অবশ্যই ভোল্ট।

১০.৮ তড়িৎ ধারক

Electric capacitor

তড়িৎ আধানরূপে শক্তি সঞ্চয় করার সামর্থ্যকে ধারকত্ব বলা হয়। ধারকত্ব বজায় রাখার জন্য উদ্ভাবিত যান্ত্রিক কৌশলই ধারক। কোনো উল্ল থেকে যেমন, তড়িৎ কোষ থেকে ধারক শক্তি সঞ্চয় করে তা পুনরায় ব্যবহার করা হয়। যে কোনো অবস্থতির দুইটি পরিবাহীর মধ্যবর্তী স্থানে কোনো অন্তরক পদার্থ যেমন— বায়ু, কাচ, প্রাস্টিক ইত্যাদি স্থাপন করে ধারক তৈরি করা হয়। সুতরাং, কাছাকাছি স্থাপিত দুইটি পরিবাহীর মধ্যবর্তী স্থানে অন্তরক পদার্থ রেখে তড়িৎ আধানরূপে শক্তি সঞ্চয় করে রাখার যান্ত্রিক কৌশলকেই ধারক বলে।



চিত্র : ১০.১৫

একটি সরল ধারক তৈরি করা হয় দুইটি অন্তরিত ধাতবপাতকে পরস্পর সমান্তরালভাবে রেখে। যখন একটি ব্যাটারিকে এর দুইটি পাতের সাথে সংযুক্ত করা হয় (চিত্র ১০.১৫), তখন ব্যাটারির ঋণাত্মক দণ্ড থেকে ইলেকট্রন একটি পাতে প্রবাহিত হয় এবং এটি ঋণাত্মক আধানে আহিত হয়। ধারকের অন্য পাত থেকে ইলেকট্রন ব্যাটারির ধনাত্মক দণ্ডে প্রবাহিত হয়, ফলে ঐ পাত ধনাত্মকভাবে আহিত হয়। পাতদ্বয়ান্তে কত আধান জমা হবে তা ব্যাটারির ভোল্টেজের উপর নির্ভর করে।

ধারক রেডিও, টেলিভিশন, ট্রেন্ডার এবং অন্যান্য ইলেকট্রনিক যন্ত্রপাতি সম্বলিত বর্তনীতে ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়।

১০.৯ শিথর তড়িৎের ব্যবহার ও বিপদ

Uses and dangers of static electricity

১। শিথর তড়িৎকিন্দিক রং শে : গাড়ি, সাইকেল ছালমরি বা অন্যান্য জিনিস রং করার জন্য ইলেক্ট্রিক রং এর শে ব্যবহার করে হয়। এটি করা হয় শিথর তড়িৎ ব্যবহার করে। শে পান এমনভাবে তৈরি করা হয় যে এটি রং এর অতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র আঘিত কণা তৈরি করে। রং শে পানের সূচালো গ্রাস্টি একটি শিথর তড়িৎ জেনারেটর এর এক গ্রাস্টির সাথে সংলগ্ন করা হয়। জেনারেটরের অপর গ্রাস্টি যে খাতব পাতটি রং করতে হবে তার সাথে সংলগ্ন করা হয় বা অবশ্যই ভূসংলগ্ন থাকে। একটি গাড়ি রং করার ক্ষেত্রে শে পান থেকে নির্গত আঘিত ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণা গাড়ির বইয়ের কর্তায়ো যাত্রা আকৃষ্ট হয়। ফলে গাড়ির বইরাক্ষণের উপর রং এর একটি সুবন্দ আশ্রয়ন পড়ে। এছাড়াও এই ক্ষুদ্র কণাগুলো তড়িৎ ক্ষেত্রের বল রেখা জায়ায় চলে কর্তায়ের আকর্ষণ্য স্থানে গৌঁথে সেখানেও রং করে।



চিত্র : ১০.১৬

২। ইলেক্ট্রিক ফ্রিটর : এটি হচ্ছে সবচেয়ে সাধারণ ধরনের ফ্রিটর যা কম্পিউটারের সাথে সংযোগ দেওয়ার থাকে। একটি ইলেক্ট্রিক তার সূচালো খুব সিরে অতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণির কণা নিষ্কাশন করে। এই ক্ষুদ্র কণাগুলো ধনাত্মক (+) আবে আঘিত। এই কণির কণাগুলো দুইটি পাতের মধ্যস্থল সিরে চলে (চিত্র ১০.১৭)। এই ধনাত্মক কণির কণাগুলোকে ধনাত্মক পাত বিকর্ষণ করে এবং এগুলো ঋণাত্মক পাত আকৃষ্ট হয়।

একটি কম্পিউটার পাতগুলোর জোড়ের এমনভাবে নিরস্ত্রণ করে যে পাতগুলো কোনো ধনাত্মক, ঋণাত্মক বা ঋণাত্মক আধানে আঘিত হয় এবং কণির কণাগুলো বিকশিত হয়ে চলমান কণাজের উপর বিভিন্ন স্থানে পড়ে এবং প্রয়োজনমত অক্ষর বা ছবি আকৃতি ধানে। রঙিন ছাপার জন্য চার রকমের রঙিন কণি ব্যবহার করা হয়।



চিত্র : ১০.১৭

৩। কটোনপিলার : আমকল কটোনপিলার বা কটোনপলি মেশিন খুবই প্রয়োজনীয় এবং জনপ্রিয় একটি যন্ত্র। শিখা প্রতিষ্ঠান ও বিভিন্ন মহিলা ছাত্রাও সাধারণত আমল থেকেও প্রয়োজনীয় নগ্নি বা কলমপিলারের এক বা একাধিক মহিলা কণির জন্য এই কলম ব্যবহার করে থাকেন। এই কলমেও শিথর তড়িৎ ব্যবহার করা হয়। কটোনপিলারের ভিতরে অক্ষকরে একটি ঘূর্ণায়মান ছাল থাকে। এই ছালের উপর ধনাত্মক আধান শে করা হয়। সে পূর্বা কটোনপলি করতে হবে একটি উচ্চল খলো আবে আকর্ষণিত করে। পূর্বার সাল খলো আবে প্রতিকলিত করে, কিন্তু অক্ষকর বা ছাপানে খলো কোনো আবে প্রতিকলিত করে না। প্রতিকলিত আবে ছালের উপর কেন্দ্রীভূত হয়। ছালের যে খালটি সাল কাগজ ছাড়া প্রতিকলিত খলো পড়ে উচ্চল হয়, সেই খল থেকে আধান রে হয়ে যায়। ছালের কেল অক্ষকর অংই ধনাত্মক আধানে আঘিত থাকে। ঋণাত্মকভাবে আঘিত কর্তায়ের পটভূয় কলি (টোনর) ছালের উপর শে করা হয়। ঋণাত্মকভাবে আঘিত এই কলি কণাগুলো ছালের ধনাত্মকভাবে আঘিত অক্ষের সাথে অক্সোজোভাবে সেপে থাকে। এক টুকর সাল কাগজকে ধনাত্মকভাবে আঘিত করা হয়। এটিকে ছালের সাথে ত্রেপ রাখা হয়। এই কাগজটি ছাল থেকে কর্ক পটভূয়ের প্যাটার্ন তার পাত্রে স্থলে খালে। টোনর (-) টি কাগজ (+) কর্ক আকৃষ্ট হবে। কাগজখলো উচ্চল জোয়ারের মধ্য সিরে চলনা করা হয়। এতে টোনরের কলি পূশে যায় এবং কাগজের সাথে মিশে যায়, ফলে একটি সাজী কলি তৈরি হয়।

শ্মির তড়িৎের বিপদ

অনেক ক্ষেত্রে শ্মির তড়িৎের উপস্থিতি অনুবিধাজনক এবং বিপদ ভেঁকে আনতে পারে।

বিমানে জ্বালানি তর্রা : আকাশে যখন বিমান উড়ে তখন বায়ুর সাথে ঘর্ষণের ফলে এটি তড়িৎআহিত হতে পারে। বিমানের আধান বাড়তে থাকলে বিমান ও ভূপৃষ্ঠের মধ্যে বিভব পার্থক্য বাড়তে থাকে। এত উচ্চ বিভব পার্থক্যের কারণে বিমানে যখন জ্বালানি তর্রা হয় তখন কিছু আধান ভূমিতে চলে যাওয়ার সময় স্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি হওয়ার সম্ভাবনা থাকে, যা বিরাট বিস্ফোরণের কারণ হতে পারে। এই জন্য বিমানের ঢাকা পরিবাহী রাবার দ্বারা তৈরি করা থাকে, যাতে বিমান ভূমি স্পর্শ করলে বিমানে জমা হওয়া আধান নিরাপদে ভূমিতে চলে যেতে পারে। এই সমস্যার সমাধান হচ্ছে বিমান ভূমিতে অবতরণের পর যবাসম্বন্ধ তড়াতড়িৎ এবং জ্বালানি তর্রা শুরু করার আগেই একটি পরিবাহী দ্বারা ভূসংস্কৃত করা।

ট্রাকেরে জ্বালানি তর্রা : যে সকল ট্রাকের শরির পেট্রোল, ডিজেল ইত্যাদি জ্বালানি নিয়ে রাস্তা দিয়ে এক স্থান থেকে অন্য স্থানে যাত্রায়াত করে তাদের বোঝাও স্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি ও বিস্ফোরণ থেকে রক্ষা পাওয়ার জন্য জ্বালানি স্থানান্তরের আগে ভূসংস্কৃত করে নিতে হয়।

টেলিভিশন ও কম্পিউটারের মনিটর : ব্যবহারকালে টেলিভিশনের পর্দা ও কম্পিউটারের মনিটর শ্মির তড়িৎে আহিত হয়। এই আধানগুলো অনাহিত কণা যেমন ধূসোবালি ইত্যাদি আকর্ষণ করে, ফলে এগুলো তড়াতড়িৎ ময়লা হয়ে যায়।

কপড় পৃষ্ঠায়ে : আমাদের পরিবেশে কপড় চোপড় অনেক সময় নিজেদের মধ্যকার ঘর্ষণের ফলে আহিত হয়ে যেতে পারে। যখন আমরা কপড় কলমই তখন আধান ভূমিতে চলে যাওয়ার সময় আমাদের অঙ্গ শব্দ পাওয়ার একটা সম্ভাবনা থাকে।

অপারেশন থিয়েটার : যেহেতু ধূসোবালি ও জীবাবু আহিত কলু দ্বারা আকৃষ্ট হয়, কাজেই হাসপাতালের অপারেশন থিয়েটারে সাবধনতা অবলম্বন করা হয় যেন সার্জন, সস্ত্রিষ্ট ব্যাক্তিবর্গ এবং চিকিৎসাসামগ্রী আধানমুক্ত থাকে। এ জন্য তাদেরকে ভূসংস্কৃত রাবার অন্য পরিবাহী রাবারের জুতা পরতে হয় এবং হাতে রাবারের গ্লাভস ব্যবহার করতে হয়, যাতে ভূমি থেকে সহজে ইলেক্ট্রন আসা যাওয়া করতে পারে।

পেট্রোলবাধী ট্রাকের সাথে ধাতব শিকল খুশানো থাকে : পেট্রোল, ডিজেল বা অন্য তরল জ্বালানিবাধী ট্রাকের বা ট্রাকের সাথে একটি ধাতব শিকল লাগানো থাকে যা ট্রাক চলার সময় রাস্তা ধূয়ে ধূয়ে যায়। যখন রাস্তা দিয়ে ট্রাক চলে তখন পেট্রোল ট্রাকের পায়ে ব্যবহার ধাক্কা খায় এবং এমিক ভলিক দুলতে থাকে। ট্রাকের সাথে পেট্রোলের এই ঘর্ষণের ফলে আধান সঞ্চিত হয়। যদি ট্রাকের কিনারা থেকে একটা স্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি হয় তাহলে মর্মান্তিক দুর্ঘটনা ঘটতে পারে এবং পেট্রোলে আগুন ধরে যাবে। কাজেই পেট্রোল আধানের জন্য নিরাপদ স্থান নয়। ট্রাকের পেছনে শিকল লাগিয়ে এই তড়িৎ ভূমিতে চলে যাবার পথ তৈরি করা হয়। যেহেতু ধাতু খুব ভালো পরিবাহী, তাই তড়িৎ ধীরে ধীরে ধাতব শিকলের মধ্য দিয়ে মাটিতে চলে যায়।

কিনুং শাইনের সাথে ধাতব খুটির সন্মাসরি সযোয থাকে না : রাস্তায় কিনুং শাইনের তার খাটাবার সময় ধাতব খুটির সাথে সন্মাসরি সযুত করা হয় না। ধাতু তড়িৎের সুপরিবাহী। ধাতব খুটির সাথে সন্মাসরি সযোয করা হলে তারের তড়িৎ খুটির মধ্য দিয়ে মাটিতে চলে যেত। কেউ ঐ খুটি স্পর্শ করলে সাথে সাথে তড়িৎসৃষ্টি হতো এবং মারাত্মক দুর্ঘটনা ঘটতো। তাই অপরিবাহী পের্সেপিনের কারণে মধ্য দিয়ে তারকে খুটির সাথে সযোয দেওয়া হয়।

বল্লপাণ্ড ও বল্ল শিরোধক : আমরা জানি বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্প থাকে। এই জলীয় বাষ্প বায়ুমণ্ডলের আহিত আয়নগুলোর উপর ঘনীভূত হয়ে পানি কণার সৃষ্টি করে এবং তড়িৎআহিত হয়। এই ধরনের পানির কণাগুলো একত্রিত হলেই মেঘের উৎপত্তি হয়। মেঘ ধনাত্মক বা ঋণাত্মক যেকোনো ভাবেই আহিত হতে পারে। তড়িৎআহিত দুইটি মেঘ কাছাকাছি এলে তাদের মধ্যে তড়িৎসঞ্চার হয়, তখন বিরাট অগ্নিস্ফুলিঙ্কের সৃষ্টি হয়। একে কিনুচকম বলা হয়। কিনুচকমের সময় মেঘের চরণাণের বায়ুমণ্ডল হঠাৎ তাপ পেয়ে প্রসারিত হয়। হঠাৎ প্রসারণের ফলে বায়ুমণ্ডলের চাপ

কমে যায়। তখন আশপাশের বেশি চাপের বন্ধু এসে এই প্রসারিত বায়ুকে সংকুচিত করে। খুব তাড়াতাড়ি এ ধরনের সংকোচন ও প্রসারণ হয় বলে প্রচণ্ড শব্দের সৃষ্টি হয়। একেই মেঘ পর্জন বলে। তড়িৎবিশিষ্ট মেঘে যদি তড়িৎের পরিমাণ বেশি হয়, তাহলে তা তড়িৎবলকের মাধ্যমে পৃথিবীতে চলে আসে। একে বলে বজ্রপাত। বজ্রপাতের সাথে সাথে মে শব্দ গোলা বজ্র তাকে বলে বজ্রনাগ।

বজ্র শিল্পোৎপাদক : বজ্রপাতের ফলে যাতে তড়িৎবলের কতি না হয় তার জন্য বজ্র শিল্পোৎপাদক ব্যবহার করা হয়। একটি বাতাস দত্ত R কে (চিত্র ১০.১৮) ব্যক্তির গা বেয়ে এমনভাবে স্থাপন করা হয় যেন এর উপরিভাগ ছাদের চেয়েও বেশি উঁচুতে থাকে এবং এর নিম্নভাগ ভালোভাবে মাটিতে পুতে রাখা হয়। সতের উপরিভাগে করেকটি সূচিযুক্ত থাকে।

যখন তড়িৎপ্রবাহ মেঘ ব্যক্তির উপরে আসে, তখন এটি R সত্রে বিদ্যুত আধান আকর্ষিত করে। কিন্তু সত্রে উপরি প্রান্ত তীব্রতা বিশিষ্ট হওয়ার ঐ তীব্রতাসূচক বেশি আধান জমা হয় এবং সূচিযুক্ত নিয়ে তড়িৎবলক হয়। বজ্রকাল্পে এই আধান নিয়ে গঠিত হয় এবং মেঘের বিশদ্রীত আধান কর্তৃক আকৃষ্ট হয়ে মেঘের দিকে চলে যায় এক সেকেন্ডে নিশ্চয়িত করে। ফলে বজ্রপাতের সম্ভাবনা কম থাকে।



চিত্র : ১০.১৮

তড়িৎ সনাক্তকার পরিবাহীর মধ্য দিয়ে সংকীর্ণতম পথে চলে। মেঘে মেঘে সূচি তড়িৎ উচ্চ বন্ধুর ভিতর দিয়ে পৃথিবীতে ছাগতে চায়। অল্প সূচির সময় তাই ছড়ার নিচে, কোনো পাথরে নিচে, তড়িৎ পরিবাহী বায়ুর কাছে, গোড়ার ঠিকই পূর্ণ কিংবা বাঁটা ভারের বেড়া পেতরালের কাছাকাছি সড়কপথের চেয়ে সূচিতে তেজা অনেক ভালো।

অনুসন্ধান-১০.১

স্বর্ণ ও আবেশ প্রক্রিয়ায় আধান সৃষ্টি।

উদ্দেশ্য : স্বর্ণ ও আবেশ প্রক্রিয়ায় আধান সৃষ্টি করে তা প্রদর্শন।

কাজপত্রি : পোশার কা, কাচ দণ্ড, সিলের কাপড়, রাবারের টুকরা এবং একটি পরিবাহী সত্রে।

কাজের ধারা

১. একটি হালকা পোশার কাতে একটি সূত্রের সাহায্যে কোনো স্ট্যান্ড বা ছক থেকে ঝুলিয়ে দাও।
২. একটি সুকনো কাচদণ্ড দাও।
৩. এক টুকরা রাবারের সাহায্যে কানের এক প্রান্ত আকৃষ্ট করে সেই প্রান্ত হাত দিয়ে ধরো।
৪. একটি সুকনো সিলের কাপড়ের টুকরা দিয়ে কাচদণ্ডের অপর প্রান্ত ভালোভাবে ধরো।
৫. এখন কাচদণ্ডের হাত প্রান্তটি মুঠভাবে ঝুলানো পোশার কানের কাছে নানো।
৬. কাচ দণ্ড পোশার কাতে তার দিকে আকর্ষণ করছে লক্ষ্য করবে কানে কাচদণ্ডটি আকৃষ্ট হয়েছে।
৭. কাচ দণ্ডটি ধনাত্মকভাবে আকৃষ্ট হয়েছে। (তড়িৎবিশিষ্ট বস্তু হস্তের সাহায্যে পলীকা করলে তাই পাওয়া যাবে।)
৮. এখন আকৃষ্ট কাচ দণ্ডটি একটি অন্যরিত পরিবাহীর এক প্রান্তের নিকট নানো।
৯. আবেশের ফলে অন্যরিত পরিবাহীটি আকৃষ্ট হবে। কাচ দণ্ডের নিকট প্রান্তে ঋণাত্মক এবং দূরবর্তী প্রান্তে ধনাত্মক আধান আকৃষ্ট হবে।
১০. কাচ দণ্ডটি না সরিয়ে অবশিষ্ট দণ্ডটির দূরবর্তী প্রান্ত দূরত্বের করলে (একটি তার দিয়ে বা মাটিতে ঝালি পারে দাড়িয়ে দণ্ডটিকে স্পর্শ করে) ছবি থেকে ইলেক্ট্রন এসে ধনাত্মক আধানকে লিভির করে দেবে। ফলে দণ্ডটিতে কেবল ঋণাত্মক আধান থাকবে।
১১. এখন সেই দণ্ডটিকে পোশার কানের কাছে নিয়ে পোশার কাতে আকর্ষণ করবে।
১২. পরিবাহীটি আবেশ প্রক্রিয়ায় আকৃষ্ট হয়েছে।

অনুশীলনী

ক. বহু নির্বাচনী প্রশ্ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দাও

১। কোনো বস্তুতে আধানের অস্তিত্ব নির্ণয়ের যন্ত্র হলো—

(ক) অ্যামিটার

(খ) ভোল্টমিটার

(গ) অপটিকাল যন্ত্র

(ঘ) তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্র

২। দুইটি আধানের মধ্যকার তড়িৎ বল নিচের কোনটির উপর নির্ভর করে না ?

i. আধান দুইটির মধ্যবর্তী দূরত্বের উপর।

ii. আধান দুইটি যে মাধ্যমে অবস্থিত তার প্রকৃতির উপর।

iii. আধান দুইটির ভরের উপর।

কোনটি সঠিক

(ক) i ও ii

(খ) i ও iii

(গ) ii ও iii

(ঘ) i, ii ও iii

৩। তড়িৎ উত্তেজার একক হচ্ছে

(ক) N

(খ) N m

(গ) $N m^{-1}$ (ঘ) NC^{-1}

৪। ভোল্ট কিসের একক ?

(ক) তড়িৎ ক্ষেত্র

(খ) তড়িৎ বিভব

(গ) তড়িৎ আধান

(ঘ) তড়িৎ প্রবাহ

৫। নিচের চিত্রে



(i) A গোলক থেকে কিছু আধান B গোলকে যাবে

(ii) B গোলক থেকে কিছু আধান A গোলকে যাবে

(iii) আধান পঁচক্য সর্বদা সমান থাকে।

নিচের কোনটি সঠিক ?

(ক) i

(খ) ii

(গ) iii

(ঘ) i, ii ও iii

খ. সুজননীল

১। রিমা চুল আচড়ানোর পর সেখতে পেশ তার চিহ্নী ছোট ছোট কাগজের টুকরাকে আকর্ষণ করছে। শীমা কল চিহ্নীটি ধনাত্মকভাবে আহিত হয়েছে, যার জন্য এটা ঘটছে। রিমার বস্তুর চিহ্নীটি ঋণাত্মক আধানে আহিত হয়েছে। বিষয়টির সুরাহার জন্য দুইজন তাদের পদার্থবিজ্ঞান শিক্ষককে বুঝতে গিয়ে তাকে পদার্থবিজ্ঞান গবেষণাগারে পেল। তিনি সব শূন্য তাদেরকে তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে পরীক্ষা করে চিহ্নীর আধানের প্রকৃতি নির্ণয় করতে বললেন।

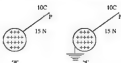
(ক) আধান কতটা বৃদ্ধি ?

(খ) ঘর্ষণে কেন কল আহিত হয় বুঝিয়ে দাও।

(গ) চিহ্নীটি আহিত হওয়ার কারণ বর্ণনা কর।

(ঘ) যন্ত্রটির সাহায্যে কীভাবে চিহ্নীটির আধানের প্রকৃতি নির্ণয় করা যাবে ব্যাখ্যা কর।

২।



(ক) তড়িৎক্ষেত্র কি ?

(খ) P বিন্দুতে স্থাপিত কলুর অবস্থান পরিবর্তন করলে এটির উপর অনুভূত বলের কিরূপ পরিবর্তন ঘটবে ?

(গ) 'ক' চিত্রে P বিন্দুতে তড়িৎ প্রাক্য নির্ণয় কর।

(ঘ) চিত্র 'ক' অংশকা চিত্র 'খ' এ অনুভূত বলের পরিবর্তন বিশ্লেষণ কর।

গ. সাধারণ প্রশ্ন

১। পরমাণুর গঠনের ভিত্তিতে কোনো কলুর আহিত হওয়ার ঘটনা ব্যাখ্যা কর।

২। কোনো কলুকে ঘর্ষণ পদ্ধতিতে কীভাবে আহিত করা যায় বর্ণনা কর।

৩। তড়িৎ আবেশ কী ?

৪। আবেশি আধান ও আবিষ্ট আধান কতটা বোঝ ?

৫। কোনো কলুকে আবেশ পদ্ধতিতে কীভাবে আহিত করা যায় বর্ণনা কর।

৬। একটি স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের গঠন বর্ণনা কর।

৭। একটি স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রকে কীভাবে ধনাত্মক আধানে আহিত করা যায় বর্ণনা কর।

৮। একটি স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে কীভাবে কোনো আহিত কলুর আধানের প্রকৃতি নির্ণয় করা যায় বর্ণনা কর।

৯। দুইটি আধানের মধ্যকার তড়িৎ বল কোন কোন বিষয়ের উপর নির্ভর করে ?

একাদশ অধ্যায় চল তড়িৎ CURRENT ELECTRICITY



আমাদের দৈনন্দিন জীবনের বিভিন্ন ক্ষেত্রে আমরা তড়িৎ বা বিদ্যুতের উপর নির্ভর করে থাকি। আধুনিক যন্ত্রপাতি বা সরঞ্জামের প্রায় সবই তড়িৎের সাহায্যে চলে। আমরা তড়িৎের উপর একটাই নির্ভরশীল যে, তড়িৎ ছাড়া আমাদের জীবন কেমন হবে তা কল্পনাও করতে পারি না। পূর্ববর্তী অধ্যায়ে আমরা শিখি তড়িৎ নিয়ে আলোচনা করেছি। এ অধ্যায়ে আমরা চল তড়িৎের বিভিন্ন বৈশুটিক রাশি যেমন—তড়িৎ প্রবাহমাত্রা, রোধ, তড়িৎচালক শক্তি এবং বিভব পার্থক্য সম্পর্কে জানতে পারব। এছাড়াও তড়িৎ প্রবাহের সিক, পরিবাহী, অপরিবাহী এবং অর্ধপরিবাহী, তড়িৎ বর্তনী, ও'মের সূত্র, শিখর এবং পরিবর্তনশীল রোধ, রোধের নির্ভরশীলতা, রোধের প্রেশি ও সমান্তরাল সমবাহ, তড়িৎ ক্ষমতার হিসাব, তড়িৎের সিস্টেম লস এবং শোভশেডিং, তড়িৎের নিরাপদ ও কার্যকর ব্যবহার নিয়ে আলোচনা করব।]

এ অধ্যায় পাঠ শেষে আমরা—

১. শিখর তড়িৎ হতে চল তড়িৎ সৃষ্টি প্রদর্শন করতে পারব।
২. তড়িৎ প্রবাহের সিক এবং ইলেকট্রন প্রবাহের সিক ব্যাখ্যা করতে পারব।
৩. তড়িৎ যন্ত্র ও উপকরণের প্রতীক ব্যবহার করে বর্তনী অঙ্কন করতে পারব।
৪. পরিবাহী, অপরিবাহী এবং অর্ধপরিবাহী ব্যাখ্যা করতে পারব।
৫. লেখচিত্রের সাহায্যে তড়িৎ প্রবাহ এবং বিভব পার্থক্য এই দুইয়ের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করতে পারব।
৬. শিখর রোধ এবং পরিবর্তনশীল রোধ ব্যাখ্যা করতে পারব।
৭. তড়িৎচালক শক্তি এবং বিভব পার্থক্য ব্যাখ্যা করতে পারব।
৮. রোধের নির্ভরশীলতা ব্যাখ্যা করতে পারব।
৯. আপেক্ষিক রোধ ও পরিবাহকত্ব ব্যাখ্যা করতে পারব।
১০. প্রেশি ও সমান্তরাল বর্তনী ব্যবহার করতে পারব।
১১. বর্তনীতে তুল্য রোধ ব্যবহার করতে পারব।
১২. তড়িৎ ক্ষমতার হিসাব করতে পারব।
১৩. তড়িৎের সিস্টেম লস এবং শোভশেডিং ব্যাখ্যা করতে পারব।
১৪. তড়িৎের নিরাপদ ও কার্যকর ব্যবহার বর্ণনা করতে পারব।
১৫. বাসা বাড়িতে ব্যবহার উপযোগী বর্তনীর নকশা প্রণয়ন করে এর বিভিন্ন অংশে এসি উৎস—এর ব্যবহার প্রদর্শন করতে পারব।
১৬. তড়িৎের নিরাপদ ও কার্যকর ব্যবহারের বিষয়ে সচেতনতা সৃষ্টি করতে পারব।
১৭. তড়িৎ শক্তির অক্ষয় রোধ ও সরঞ্জামে সচেতনতা সৃষ্টির জন্য শোভশেডিং অঙ্কন করতে পারব।

১১.১ স্থির তড়িৎ হতে চল তড়িৎ সৃষ্টি

Production of current electricity from static electricity

তড়িৎ প্রবাহ

দুইটি ভিন্ন বিতরের বস্তুকে যখন পরিবাহী তার দ্বারা সংযুক্ত করা হয়, তখন নিম্ন বিতরের বস্তু থেকে উচ্চ বিতরের বস্তুতে ইলেকট্রন প্রবাহিত হয়। যতক্ষণ পর্যন্ত বস্তুদ্বয়ের মধ্যে বিভব পার্থক্য শূন্য না হয় ততক্ষণ পর্যন্ত এই প্রবাহ বজায় থাকে। কোনো প্রক্রিয়ার মাধ্যমে যদি বস্তুদ্বয়ের মধ্যে বিভব পার্থক্য বজায় রাখা যায় তখন এই ইলেকট্রন প্রবাহ নিরবচ্ছিন্নভাবে চলতে থাকে। ইলেকট্রনের এই নিরবচ্ছিন্ন প্রবাহই হলো তড়িৎ প্রবাহ।

কোনো পরিবাহীর যেকোনো প্রস্থচ্ছেদের মধ্য দিয়ে একক সময়ে যে পরিমাণ আধান প্রবাহিত হয় তাকে তড়িৎ প্রবাহ বলে।

কোনো পরিবাহীর যেকোনো প্রস্থচ্ছেদের মধ্য দিয়ে t সময়ে যদি Q পরিমাণ আধান প্রবাহিত হয়, তাহলে তড়িৎ প্রবাহ

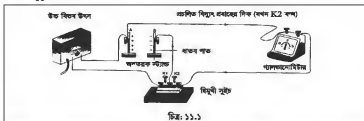
$$I \text{ হবে, } I = \frac{Q}{t}$$

একক : তড়িৎ প্রবাহের একক হলো অম্পিয়ার।

কোনো বিচ্ছিন্ন আহিত পরিবাহীতে আধান এর পৃষ্ঠে অবস্থান করে এবং চলচল করতে পারে না। এ ধরনের আধানকে বলা হয় স্থির তড়িৎ আধান। যদি এই আধানের চলচলের জন্য পরিবহন পথের ব্যবস্থা করা হয় তখন এই আধান পরিবাহীতে আবদ্ধ না থেকে প্রবাহিত হতে শুরু করে। যখন এমনটি ঘটে, তখন আমরা বলি যে, তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়েছে।

একে A দ্বারা সূচিত করা হয়। কোনো পরিবাহীর যেকোনো প্রস্থচ্ছেদের মধ্য দিয়ে $1s$ -এ $1C$ আধান প্রবাহিত হলে $1A$ তড়িৎ প্রবাহ চলে। অম্পিয়ারের সংজ্ঞা প্রথম অধ্যায়ে দেওয়া আছে।

$$\therefore I = \frac{1C}{1s} = 1Cs^{-1} = 1A$$



পতিষ্ঠা আধান কর্তৃক কীভাবে চল তড়িৎ উৎপন্ন হয় তা উপরে ১১.১ চিত্রের বর্ণনীর আলোকে বর্ণনা করা হলো। শুরুর দুইটি গ্রাফ চাষি K_1 এবং K_2 উঠিয়ে ফেলা হয় এবং ধাতব পাত A এবং B কে যুক্ত করে (খালি পায়ে হাত দিয়ে স্পর্শ করে) স্পর্শ করে আলাহিত করা হয়। এবার চাষি K_1 বস্তু দিয়ে উচ্চ বিভব উপলব্ধি ধাতব পাত দুইটির সাথে সংযুক্ত হবে।

এবার উচ্চ বিভব উপলব্ধি সুইচটি বন্ধ করে ধাতব পাত দুইটিকে সমপরিমাণ ধনাত্মক এবং ঋণাত্মক আধানে আহিত করা হয়। এই চার্জ বা আধান পাত দুইটিতে স্থির তড়িৎের সৃষ্টি করে। এবার চাষি K_1 বস্তু থেকে এবং K_2 চাষি গ্রাসে প্রবেশ করালে ধনাত্মক এবং ঋণাত্মক আধানে আহিত পাত দুইটি গ্যালভানোমিটারের সাথে সংযুক্ত হবে বলে একটি অবচ্ছিন্ন পরিবহন পথের সৃষ্টি হবে এবং এ পথে তড়িৎ প্রবাহ চলবে। এ বর্তনীতে গ্যালভানোমিটার হলো এমন একটি বস্তু যা তড়িৎ

প্রবাহের অস্তিত্ব নির্ণয় করতে পারে। সেবা যাবে গ্যালভানোমিটারের কাঁটাটি কণিকের জন্য একদিকে বিচলিত হয়েছে এবং পরবর্তীতে তা পূর্বের অবস্থানে ফিরে এসেছে।

গ্যালভানোমিটারের বিক্ষেপ নির্দেশ করে যে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়েছে। এই তড়িৎ প্রবাহ কীভাবে সৃষ্টি হলো? ঋণাত্মক আধান অধিষ্ঠিত পাত B থেকে ইলেকট্রন গ্যালভানোমিটারের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়ে ধনাত্মক আধান অধিষ্ঠিত পাত A এ পৌঁছায় এবং এর ফলে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়।

A পাতের ধনাত্মক আধান, B পাত থেকে অগতঃ ইলেকট্রনের ঋণাত্মক আধানগারা নিষ্কিয় হয়। যদ্য ফলে গাভব পাত দুইটির আধান ক্রমশঃ মাধ্যমে ক্রমশঃ প্রবাহের সৃষ্টি হয়, যা গ্যালভানোমিটারের বিক্ষেপ ঘটা সনাক্ত করা যায়।

১১.২ তড়িৎ প্রবাহের দিক এবং ইলেকট্রন প্রবাহের দিক

Direction of electricity and direction of electron flow

প্রথম যখন চল তড়িৎ আবিষ্কৃত হয়, তখন মনে করা হতো যে ধনাত্মক আধানের প্রবাহের ফলে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয় এবং এই ধনাত্মক আধান উচ্চতর বিভব থেকে নিম্নতর বিভবের দিকে প্রবাহিত হয়। তাই তড়িৎ প্রবাহের প্রচলিত দিক ধরা হয় উচ্চতর বিভব থেকে নিম্নতর বিভবের দিকে অথবা তড়িৎ কোষের ধনাত্মক পাত থেকে ঋণাত্মক পাতের দিকে। কিন্তু আমরা জানি যে, প্রকৃতপক্ষে তড়িৎ প্রবাহ হলো ঋণাত্মক আধান অথবা ইলেকট্রনের প্রবাহের জন্য ফলে তড়িৎ প্রবাহের প্রকৃত দিক হলো নিম্নতর বিভব থেকে উচ্চতর বিভবের দিকে অর্থাৎ তড়িৎ কোষের ঋণাত্মক পাত থেকে ধনাত্মক পাতের দিকে। সুতরাং তড়িৎ প্রবাহের প্রকৃত দিক প্রচলিত দিকের বিপরীত। চিত্রে প্রদর্শিত তীর চিহ্ন তড়িৎ প্রবাহের প্রচলিত দিক নির্দেশ করেছে।



চিত্র ১১.২

বর্তনী চিত্র অঙ্কন করার সময় আমরা তড়িৎ প্রবাহের প্রচলিত দিককেই অনুসরণ করব।

১১.৩ তড়িৎ প্রতীক

Electric symbols

তড়িৎ প্রবাহ চলার সম্পূর্ণ পথকে তড়িৎ বর্তনী বলে। যখন কোনো কোষের পাত দুইটিকে কোনো রোধকের দুই প্রান্ত বা তড়িৎ উপকরণের দুই প্রান্তের সাথে সংযুক্ত করা হয়, তখন একটি তড়িৎ বর্তনী তৈরি হয়।

চল তড়িৎ পৃষ্ঠের সময় আমাদেরকে সহজ এবং পরিষ্কার বর্তনী চিত্র আঁকতে হয়। নিচের সারণিতে কিছু বৈদ্যুতিক উপকরণের প্রতীক দেখানো হলো যেগুলো সাধারণত তড়িৎ বর্তনী আঁকতে ব্যবহৃত হয়।

১১.১: বর্তনীর প্রতীকসমূহ

উপকরণ	প্রতীক
সুইচ	
বিমুখী সুইচ	
ডিসি উৎস - কোষ	
ডিসি উৎস - ব্যাটারি	
এ সি উৎস	
শির রোধ	
পরিবর্তনশীল রোধ	
কিউজ	

উপকরণ	প্রতীক
অ্যামিটার	
ভোল্টমিটার	
গ্যালভেনোমিটার	
ভূসংযোগ	
অদৃশ্যক্ৰিয় তার	
সংযোগবিহীন তার	
গজেনো তার বা সুড়ঙ্গী	
বায়ু	
ধারক	

নিম্নে কর:

একটি সুইচ, তড়িৎ কোষ, শির যানের রোধ এবং অ্যামিটার পরস্পর ব্যবহার করে একটি বর্তনী অঙ্কন কর।
এবার একটি ভোল্টমিটারকে শির যানের রোধের দুই প্রান্তে সমান্তরালে যুক্ত কর।

১১.৪ পরিবাহী, অপরিবাহী এবং অর্ধপরিবাহী

Conductor, insulator and semiconductor

আমরা জানি, তড়িৎ প্রবাহ হলে কোনো পদার্থের মধ্য দিয়ে আধানের প্রবাহ। এই তড়িৎ প্রবাহ কোনো কোনো পদার্থের মধ্য দিয়ে খুব সহজেই চলাচল করতে পারে। আবার এমন কিছু পদার্থ আছে যেসুপার মধ্য দিয়ে তড়িৎ আসৌ চলাচল করতে পারে না। তড়িৎ পরিবাহিতা ধর্মের উপর ভিত্তি করে কঠিন পদার্থকে তিন শ্রেণিতে ভাগ করা যায়। যথা- (১) পরিবাহী (২) অপরিবাহী (৩) অর্ধপরিবাহী।

১. পরিবাহী: যে সকল পদার্থের মধ্য দিয়ে খুব সহজেই তড়িৎ প্রবাহ চলতে পারে তাদেরকে পরিবাহী বলে। এসকল পদার্থের মধ্য দিয়ে ইলেকট্রন মুক্তভাবে চলাচল করতে পারে। ধাতব তারের মধ্য দিয়ে আধান ইলেকট্রন দ্বারা পরিবাহিত হয়। এ কারণে ধাতব পদার্থসুপে তড়িৎ সুপরিবাহী। তামা, তুলা, অ্যালুমিনিয়াম ইত্যাদি সুপরিবাহী পদার্থ। যে কারণে কৈয়ুতিক সর্বাঙ্গকে ধাতব তার ব্যবহার করা হয়।

২. অপরিবাহী: যে সকল পদার্থের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ চলতে পারে না তাদেরকে অপরিবাহী বা অন্তরক পদার্থ বলে। অর্থাৎ যে সকল পদার্থের মধ্য দিয়ে ইলেকট্রন চলাচল করতে পারে না সেসুপে হলে অপরিবাহী পদার্থ। যেমন- প্রস্টিক, রবার, কাঠ, কাচ ইত্যাদি। অপরিবাহী পদার্থের মধ্যে মুক্ত ইলেকট্রন থাকে না। প্রস্টিক জাতীয় পদার্থের মধ্য দিয়ে সহজে ইলেকট্রন প্রবাহিত হতে পারে না। বরং কলে প্রস্টিক হলে কিছুকর জন্য অপরিবাহী পদার্থ। এ কারণেই কৈয়ুতিক সিস্টেমের যে সকল অঙ্কু ইলেকট্রন এক প্রকার ব্যবহার করেন তাদের হাতল প্রস্টিক জাতীয় পদার্থ দ্বারা সেরাধরো থাকে। এ ছাড়া আমাদের দৈনন্দিন প্রয়োজনে যে সকল তারের কৈয়ুতিক তার ব্যবহার করি সেসুপে প্রস্টিক দ্বারা আবৃত থাকে।

৩. অর্ধপরিবাহী: যে সকল পদার্থের তড়িৎ পরিবহন ক্ষমতা সাধারণ তাপমাত্রায় পরিবাহী এবং অপরিবাহী পদার্থের মাঝামাঝি, সে সকল পদার্থকে অর্ধপরিবাহী বলে। যেমন- জার্মেনিয়াম, সিলিকন ইত্যাদি। সুবিধামত অল্পদ্রব্য বিশিষ্ট অর্ধপরিবাহী পদার্থের তড়িৎ পরিবাহকত্ব বৃদ্ধি করা যায়।

১১.৫ তড়িচ্চালক শক্তি এবং বিভব পার্থক্য

Electromotive force and potential difference

তড়িচ্চালক শক্তি

কোনো বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করার জন্য তড়িৎশক্তির প্রয়োজন হয়। যে সকল যন্ত্র অন্যকোনো ধরনের শক্তিকে তড়িৎশক্তিতে রূপান্তরিত করতে পারে তাদেরই কেবল তড়িচ্চালক শক্তি আছে। যেমন— কোষ, জেনারেটর ইত্যাদি। তড়িৎকোষ রাসায়নিক শক্তিকে তড়িৎশক্তিতে রূপান্তরিত করে এবং জেনারেটর যান্ত্রিক শক্তিকে তড়িৎশক্তিতে রূপান্তরিত করে। কোনো তড়িৎ উৎস একক ধনাত্মক আধানকে বর্তনীর এক বিদ্যুৎ থেকে উৎসসহ সম্পূর্ণ বর্তনী ঘুরিয়ে আবার ঐ বিদ্যুতে আনতে যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন করে, তথা উৎস যে তড়িৎশক্তি ব্যয় করে, তাকে ঐ উৎসের তড়িচ্চালক শক্তি বলে। যদি Q আধানকে সম্পূর্ণ বর্তনী ঘুরিয়ে আনতে W পরিমাণ কাজ সম্পন্ন হয়, তাহলে

একক আধানকে সম্পূর্ণ বর্তনী ঘুরিয়ে আনতে কাজের পরিমাণ হবে $\frac{W}{Q}$ । অতএব উৎসের তড়িচ্চালক শক্তি,

$$E = \frac{W}{Q}$$

একক: তড়িচ্চালক শক্তির SI একক হলো JC^{-1} যাকে ভোল্ট (V) বলা হয়।

বিভব পার্থক্য

পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের কারণে পরিবাহীর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হয়। একক ধনাত্মক আধানকে বর্তনীর এক বিদ্যুৎ থেকে অন্য বিদ্যুতে স্থানান্তর করতে যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন হয় তাকে ঐ দুই বিদ্যুতের বিভব পার্থক্য বলে। ড্রাইসেল দিয়ে চর্চা জ্বালানো সেল যে তড়িৎ শক্তি সরবরাহ করে তা আলো ও তাপ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

শক্তির এই রূপান্তর প্রক্রিয়ায় শক্তির নিত্যতা সঙ্গতিপূর্ণ হয়। বাহ্যের মধ্য দিয়ে একক আধান স্থানান্তরের ফলে যে পরিমাণ শক্তি রূপান্তরিত হয় তার পরিমাণই হলো বাহ্যের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য।

সুতরাং বৈদ্যুতিক বর্তনীর দুইটি বিদ্যুতের মধ্য দিয়ে একক ধনাত্মক আধান স্থানান্তরিত হলে যে পরিমাণ তড়িৎশক্তি অন্য কোনো ধরনের শক্তিতে (যেমন— তাপ ও আলো) রূপান্তরিত হয়, তার পরিমাণই ঐ দুই বিদ্যুতের বিভব পার্থক্য। Q আধান স্থানান্তরের জন্য রূপান্তরিত তড়িৎশক্তির পরিমাণ W হলে, ঐ দুই বিদ্যুতের বিভব পার্থক্য হলো

$$V = \frac{W}{Q}$$

বিভব পার্থক্য এক তড়িচ্চালক শক্তির SI একক অর্থাৎ ভোল্ট (V)। দুইটি বিদ্যুতের বিভব পার্থক্য 1 ভোল্ট হবে যদি 1 কুলম্ব ধনাত্মক আধান বর্তনীর ঐ দুই বিদ্যুতের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হবার ফলে 1 জুল তড়িৎশক্তি অন্যকোনো ধরনের শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

দ্রষ্টব্য : ভোল্টমিটারের সাহায্যে একটি ড্রাইসেলের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য পরিমাপ করা। এটিই কোষের তড়িচ্চালক শক্তি E । এবার কোষটি দিয়ে চর্চের বাহ্য জ্বালানো অবস্থায় কোষের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য পরিমাপ করা।

প্রবাহ চলাকালীন ভোল্টমিটারের পাঠই হলো বাহ্যের বা রোধের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য V । এবার পরিমাপকৃত তড়িচ্চালকশক্তি এবং বিভব পার্থক্যের মানের তুলনা করা। ভূমি পেছনে পাঠে E এর মান V এর মানের চেয়ে বড়। কোনো কোষের তড়িচ্চালক শক্তি কোষসহ বর্তনীর বিভিন্ন অংশে যে সকল বিভব পার্থক্যের সৃষ্টি হয় তাদের যোগফলের সমান।

১১.৬ বিত্তব পার্থক্য এবং তড়িৎ প্রবাহের মধ্যে সম্পর্ক: ও'মের সূত্র

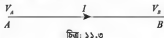
Relationship between potential difference and electricity- Ohm's law

আমরা জানি কোনো পরিবাহীর দুই প্রান্তের মধ্যে বিত্তব পার্থক্য থাকলে তার মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হয়। এই তড়িৎ প্রবাহের মান নির্ভর করে পরিবাহীর দুই প্রান্তে কী পরিমাণ বিত্তব পার্থক্য প্রয়োগ করা হয়েছে তার উপর, পরিবাহী এক তার তাপমাত্রার উপর। জর্জ সাইমন ও'ম কোনো পরিবাহী তারের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহমাত্রা এবং এর দুই প্রান্তের বিত্তব পার্থক্যের মধ্যে যে সম্পর্ক রয়েছে সে বিষয়ে নিম্নবর্ণিত সূত্র প্রদান করেন যা ও'মের সূত্র নামে পরিচিত।

ও'মের সূত্র

তাপমাত্রা স্থির থাকলে কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে যে তড়িৎ প্রবাহ চলে তা ঐ পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিত্তব পার্থক্যের সমানুপাতিক। সমানুপাতিক বলতে বুঝায় যদি পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিত্তব পার্থক্য বিপুল করা হয়, তবে পরিবাহীর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহ বিপুল হবে। আবার, যদি পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিত্তব পার্থক্য এক-তৃতীয়াংশ করা হয়, তবে পরিবাহীর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহও এক-তৃতীয়াংশ হবে।

মনে করি, AB একটি পরিবাহী তার। এর দুই প্রান্তের বিত্তব যথাক্রমে V_A এবং V_B [চিত্র ১১.৩]। যদি $V_A > V_B$ হয়, তাহলে পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিত্তব পার্থক্য হবে $V = V_A - V_B$ ।



চিত্র : ১১.৩

এখন স্থির তাপমাত্রায় পরিবাহীর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহ I হলে, ও'মের সূত্রানুসারে,

$$I \propto V$$

$$\Rightarrow \frac{V}{I} = R = \text{ধ্রুবক}$$

এই ধ্রুবককে ঐ তাপমাত্রায় ঐ পরিবাহীর রোধ বলে।

$$\text{অথবা } I = \frac{V}{R}$$



চিত্র : ১১.৪

একটি ছক কাগজের X অক্ষ বরাবর পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিত্তব পার্থক্য V এবং Y অক্ষ বরাবর তড়িৎ প্রবাহ I স্থাপন করে লেখচিত্র অঙ্কন করলে এটি মূলবিন্দুগামী একটি সরলরেখা হবে [চিত্র : ১১.৪]।



চিত্র : ১১.৫

১১.৫ চিত্রে একটি সরলবর্তনী দেখানো হলো। E তড়িৎ চালকশক্তি ও r অভ্যন্তরীণ রোধের একটি কোষকে R শির মানের রোধের সাথে সংযুক্ত করা হলো। ও'মের সূত্র প্রয়োগ করে এ বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ I পাওয়া যায়,

$$I = \frac{E}{R+r}$$

দৈনিক উপায় ১১.১ : একটি ঘোর পড়ির স্কেলহীটের কিলোমিটার ম্যানিমে 4 A তড়িৎ প্রবাহিত হচ্ছে। কিলোমিটার প্রান্তদ্বয়ের বিভব পার্থক্য 12 V হলে এর রোধ কত?

সমাধান, জানি,

$$I = \frac{V}{R}$$

$$\text{বা } R = \frac{V}{I}$$

$$= \frac{12V}{4A}$$

$$= 3 \Omega \quad \text{উঃ } 3 \Omega$$

এখানে,

তড়িৎ প্রবাহ, $I = 4 \text{ A}$

বিভব পার্থক্য, $V = 12 \text{ V}$

রোধ, $R = ?$

১১.৭ রোধ: স্থির এবং পরিবর্তী রোধ

Resistance : constant and variable resistance

সামান্য জানি, তড়িৎ প্রবাহ হলো ইলেকট্রনের প্রবাহ। ইলেকট্রন কোনো পরিবর্তীর মধ্য দিয়ে চলায় সময় এর ব্যত্যাসের বস্তু পরমাপুর সাথে সম্বন্ধে লিপ্ত হয়। যখন এসে পতি স্বাভাবিক হয় এবং তড়িৎ প্রবাহ নিম্নিত হয়। পরিবর্তীর এই ধর্মকে রোধ বলে। ৩°সেয় সূত্র থেকে জানা গই,

$$\text{নির্ণীত তাপমাত্রায়, রোধ } R = \frac{V}{I}$$

$$= \frac{\text{ডায়ের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য}}{\text{ডায়ের তড়িৎপ্রবাহ}}$$

কর্তব্য, নিম্নিত তাপমাত্রায় কোনো পরিবর্তীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য এবং তড়িৎপ্রবাহ I এর অনুপাত দ্বারা ঐ তাপমাত্রায় ঐ পরিবর্তীর রোধ পরিমাপ করা হয়।

রোধের SI একক হলো ও'ম। একে স্বল্প হ্রাসের ভবেগ (Ω) দ্বারা প্রকাশ করা হয়। কোনো পরিবর্তীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য 1V হলে তার মধ্য দিয়ে বসি 1A তড়িৎ প্রবাহ চলে তবে তার রোধকে 1 Ω বলে।

রোধক: নির্দিষ্ট মানের রোধবিশিষ্ট যে পরিবর্তী তার কোনো বর্তনীতে ব্যবহার করা হয় তাকে রোধক বলে। রোধক ব্যবহারের প্রাথমিক উদ্দেশ্য হলো বর্তনীতে প্রবাহিত তড়িৎের মান নিয়ন্ত্রণ করা। বর্তনীতে ব্যবহৃত রোধক দুই প্রকার। যথা—

১. স্থির মানের রোধক

২. পরিবর্তী রোধক

১. স্থির মানের রোধক: যে সকল রোধকের রোধের মান নির্দিষ্ট ভাবেই স্থির থাকে তাকে স্থির মানের রোধক বলে। সাধারণত ব্যবহারেই যে সকল স্থির মানের রোধক ব্যবহার করা হয় সেগুলো ১১.৬ নং চিত্রে দেখানো হলো:



চিত্র: ১১.৬

২. পরিবর্তী রোধক: পরিবর্তী রোধক হলো সেই সকল রোধক যাদের রোধের মান প্রয়োজন অনুযায়ী পরিবর্তন করা যায়। এসেদিকে রিওস্টেটও বলা হয়। কোনো বর্তনীতে যখন ভল্টেজ প্রবাহের যাদের পরিবর্তনের প্রয়োজনীয়তা পোবা সেসে ভবনই ফেল বর্তনীতে রিওস্টেট অন্তর্ভুক্ত করা হয়।



চিত্র : ১১.৭

১১.৭ নং চিত্রে শ্যাড্রেটরিভে সাধারণত যে ধরনের রিওস্টেট ব্যবহার করা জা সেখানে রয়েছে।

১১.৮ রোধের নির্ভরশীলতা

Dependence of resistance

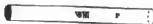
আমরা জানি, যখন আপদায়া এক অন্যান্য ভৌত অকমা (যেমন- দৈর্ঘ্য, প্রস্থচ্ছেদ, উপাদান) অপরিবর্তিত থাকে তখন পরিবাহীর রোধ শির থাকে।

কোনো পরিবাহীর রোধ শিরের চারটি বিবরের উপর নির্ভর করে।

১. পরিবাহীর দৈর্ঘ্য
২. পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল
৩. পরিবাহীর উপাদান এক
৪. পরিবাহীর তাপমাত্রা

আপদায়া শির থাকলে কোনো পরিবাহীর রোধ সুখুমার এর দৈর্ঘ্য, প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল এক উপাদানের উপর নির্ভর করে। রোধের এই নির্ভরশীলতা সুইট সুতের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়।

১১.৮ চিত্রে একই প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল এক একই উপাদান দ্বারা তৈরি সুইট পরিবাহী তার P এক Q সেখানে রয়েছে। P তারের দৈর্ঘ্য Q তারের চেয়ে বেশি হওয়ার তার রোধও বেশি।



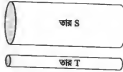
চিত্র : ১১.৮

দৈর্ঘ্যের সুত: নির্দিষ্ট তাপমাত্রার নির্দিষ্ট উপাদানের পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল শির থাকলে পরিবাহীর রোধ এর দৈর্ঘ্যের সমানুপাতিক।

পরিবাহীর দৈর্ঘ্য L , প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল A এক রোধ R হলে, এই সুতানুসারে

$$R \propto L \text{ যখন তাপমাত্রা, উপাদান এক } A \text{ স্থব থাকে।} \quad (11.1)$$

১১.৯ চিত্রে একই দৈর্ঘ্যের এক একই উপাদান দ্বারা তৈরি সুইট পরিবাহী তার S এক T সেখানে রয়েছে। S তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল T তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল অপেক্ষা বেশি। যে তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বেশি তার রোধ কম।



চিত্র ১১.৬

প্রশ্নেছের সূত্র: নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট উপাদানের পরিবাহীর দৈর্ঘ্য স্থির থাকলে পরিবাহীর রোধ এর প্রশ্নেছের ক্ষেত্রফলের ব্যস্তানুপাতিক।

$$\text{অর্থাৎ } R \propto \frac{1}{A} \text{ যখন তাপমাত্রা, উপাদান এবং } L \text{ স্থির থাকে} \quad (11.2)$$

তাপমাত্রা বাকুলে পরিবাহীর রোধ বাকুলে কিন্তু রোধ তাপমাত্রার সমানুপাতিক নয়। দৈর্ঘ্য, প্রশ্নেছের ক্ষেত্রফল সমান থাকলেও বিভিন্ন পরিবাহীর রোধ বিভিন্ন হয়। যেমন, একই দৈর্ঘ্য ও একই প্রশ্নেছের এবং একই তাপমাত্রায় দু'পার তারের রোধের চেয়ে টায়েলসের তারের রোধ বেশি।

১১.৬ আণেফিক রোধ এবং পরিবাহকত্ব

Resistivity and conductivity

নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট উপাদানের পরিবাহীর রোধ তার দৈর্ঘ্যের সমানুপাতে এবং প্রশ্নেছের ক্ষেত্রফলের ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়। সুতরাং রোধের সূত্র থেকে পাই,

$$R \propto \frac{L}{A}, \text{ যখন তাপমাত্রা ও উপাদান স্থির থাকে।}$$

$$\text{অর্থাৎ } R = \rho \frac{L}{A} \quad (11.3)$$

এখানে ρ একটি ধ্রুবক, তার মান পরিবাহীর উপাদান এবং তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল। একে ঐ তাপমাত্রায় পরিবাহীর উপাদানের আণেফিক রোধ বা রোধকত্ব বলে।

(11.3) সমীকরণে $L = 1$ একক এবং $A = 1$ একক হলে, $\rho = R$ হয়।

অর্থাৎ কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একক দৈর্ঘ্য ও একক প্রশ্নেছের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট কোনো পরিবাহীর রোধকে ঐ তাপমাত্রায় এর উপাদানের আণেফিক রোধ বলে।

নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো পরিবাহীর রোধ এর জৌত অবস্থার (যেমন দৈর্ঘ্য, প্রশ্নেছের ইত্যাদি) উপর নির্ভর করে। কিন্তু এর আণেফিক রোধ সুস্থমাত্র এর উপাদানের উপর নির্ভরশীল।

আণেফিক রোধের একক: (11.3) সমীকরণকে সাজিয়ে দেখা যায়,

$$\rho = R \frac{A}{L} \quad (11.4)$$

সমীকরণের ডানপাশের রাশিগুণের একক বলিয়ে আণেফিক রোধক ρ -এর একক পাওয়া যায়, $\frac{\Omega m^2}{m} = \Omega m$

তাপমাত্রা: 20°C তাপমাত্রায় হুগার আপেক্ষিক রোধ $1.6 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$ । অর্থাৎ 20°C তাপমাত্রায় 1m দৈর্ঘ্য ও 1m^2 প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট হুগার তারের রোধ হবে $1.6 \times 10^{-8} \Omega$ । ভান পাইলের সারণিতে কিছু সাধারণ পদার্থের আপেক্ষিক রোধ দেখানো হয়েছে।

সারণি ১১.২: বিভিন্ন পদার্থের আপেক্ষিক রোধ

পদার্থ	আপেক্ষিক রোধ ($\Omega \text{ m}$)
হুগা	1.6×10^{-8}
তামা	1.7×10^{-8}
ট্যাংস্টেন	5.5×10^{-8}
নাইক্রোম	100×10^{-8}

উপরের সারণি থেকে আমরা দেখতে পাই, যে সকল পদার্থের আপেক্ষিক রোধ কম সেগুলো তড়িৎের জন্য সুপরিবাহক হিসেবে কাজ করে। যেমন, তামা, নাইক্রোমের তুলনায় তড়িৎ সুপরিবাহী। এ কারণেই বৈদ্যুতিক বর্তনীতে সংযোগ তার হিসেবে তামার ব্যাপক ব্যবহার রয়েছে।

এছাড়া যে সকল পদার্থের আপেক্ষিক রোধের মান তুলনামূলকভাবে বেশি তাদেরও ব্যুৎপন্ন ব্যবহার রয়েছে। উদাহরণ হিসেবে নাইক্রোম তারের কথাই ধরা যাক। নাইক্রোমের আপেক্ষিক রোধ এবং গলনাঙ্ক তামার তুলনায় অনেক বেশি। উচ্চ আপেক্ষিক রোধের কারণেই নাইক্রোম তারের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হলে প্রচুর তাপ উৎপন্ন হয়। নাইক্রোমের এ ধর্মের কারণেই বৈদ্যুতিক কেটলিতে পানি খুব দ্রুত গরম হয়। আমরা বাড়িতে যে সকল বৈদ্যুতিক বাত্ব ব্যবহার করি তাদের ফিলামেন্ট ট্যাংস্টেন দ্বারা তৈরি হয়। ট্যাংস্টেনের উচ্চ আপেক্ষিক রোধ ও গলনাঙ্কের কারণে এটি বৈদ্যুতিক শক্তিকে খুব সহজে আদ্যোপকল্পিত করে তুলে দিতে পারে।

পরিবাহকত্ব

রোধের বিপরীত রাশি হলো পরিবাহিতা, তেমনি আপেক্ষিক রোধের বিপরীত রাশিকে পরিবাহকত্ব বলে। পরিবাহকত্বকে σ অক্ষর দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এর মান পরিবাহীর উপাদান ও তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল।

মনে করি, একটি পরিবাহীর উপাদানের আপেক্ষিক রোধ ρ

সুতরাং, ঐ পরিবাহীর উপাদানের পরিবাহকত্ব σ হবে—

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

যেহেতু ρ -এর একক $\Omega \text{ m}$, সুতরাং σ -এর একক হলো $(\Omega \text{ m})^{-1}$ ।

গাণিতিক উদাহরণ ১১.৪। একটি বৈদ্যুতিক হিটারে ব্যবহৃত নাইক্রোম তারের আপেক্ষিক রোধ $100 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$ ।

15 m দৈর্ঘ্য এবং $2.0 \times 10^{-7} \text{ m}^2$ প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট তারের রোধ কত হবে ?

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} R &= \rho \frac{L}{A} \\ &= \frac{(100 \times 10^{-8} \Omega \text{ m})(15 \text{ m})}{2.0 \times 10^{-7} \text{ m}^2} \\ &= 75 \Omega \end{aligned}$$

উত্তর : রোধ 75Ω ।

এখানে,

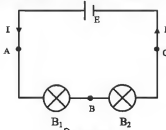
আপেক্ষিক রোধ, $\rho = 100 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$

তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল, $A = 2.0 \times 10^{-7} \text{ m}^2$

তারের দৈর্ঘ্য, $L = 15 \text{ m}$

রোধ, $R = ?$

১১.১০ শ্রেণি এবং সমান্তরাল বর্তনী তৈরি ও ব্যবহার Series and parallel circuits and their uses



চিত্র : ১১.১০

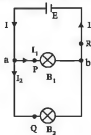
শ্রেণি বর্তনী

যে বর্তনীতে তড়িৎ উপকরণগুলো পরস্পর সাজানো থাকে তাকে শ্রেণি বর্তনী বলে। ১১.১০ চিত্রে কোষ E , দুইটি বাহু B_1, B_2 পরস্পর সাজিয়ে শ্রেণি বর্তনী তৈরি করা হয়েছে। যেহেতু এই বর্তনীতে একটি মাত্র পথ রয়েছে, তাই এর সর্বত্র একই প্রবাহ চলবে। এখন যদি একটি অ্যামিটারকে A, B , বা C বিন্দুতেও সংযোগ দেওয়া যায় তাহলেও তড়িৎ প্রবাহের একই মান পাওয়া যাবে।

বিয়ে বাড়িতে বা বিভিন্ন অনুষ্ঠানের আলোকসজ্জায় যে সকল ছোট ছোট বাতি ব্যবহার করা হয় এগুলো শ্রেণিবদ্ধভাবে সংযুক্ত করা হয়। আমরা টর্চ লাইটে একাধিক ব্যাটারিকে শ্রেণিতে সংযুক্ত করে ভোল্টেজ বৃদ্ধি করে থাকি। তড়িৎ প্রবাহ পরিমাপের জন্য অ্যামিটারকে বর্তনীতে শ্রেণিতে যুক্ত করা হয়।

সমান্তরাল বর্তনী

যে বর্তনীতে তড়িৎ উপকরণগুলো এমনভাবে সাজানো থাকে যে প্রতিটিটির এক প্রান্তগুলো একটি সাধারণ বিন্দুতে এক অপরপ্রান্তগুলো অন্য একটি সাধারণ বিন্দুতে সংযুক্ত থাকে তবে তাকে সমান্তরাল বর্তনী বলে। ১১.১১ চিত্রে বাহু B_1 ও B_2 এর একপ্রান্ত a বিন্দুতে এক অপর প্রান্ত b বিন্দুতে সংযুক্ত থাকায় এগুলো একটি সমান্তরাল বর্তনী তৈরি করে। সমান্তরাল বর্তনীতে একাধিক পথ থাকায় প্রত্যেক পথ দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ চলে।



ধরা যাক বর্তনীর মোট প্রবাহ I । এই প্রবাহ a বিন্দুতে এসে দুইটি ভাগে বিভক্ত হয়। তড়িৎ প্রবাহের একটি অংশ I_1 যার প্রথম বাহু B_1 দিয়ে এবং বাকী অংশ I_2 যার দ্বিতীয় বাহু B_2 দিয়ে। b বিন্দুতে এসে প্রবাহ দুইটি একত্রিত হয়ে পুনরায় I প্রবাহ গঠন করে। P , Q এবং R বিন্দুতে অ্যামিটারের সাহায্যে তড়িৎ প্রবাহ পরিমাপ করলে দেখা যাবে,

$$I = I_1 + I_2$$

এখানে বর্তনীর মূল তড়িৎপ্রবাহ I

অর্থাৎ, সমান্তরাল বর্তনীতে প্রত্যেক সমান্তরাল শাখার প্রবাহিত স্বতন্ত্র তড়িৎ প্রবাহসমূহের যোগফল বর্তনীর মূল প্রবাহের সমান।

আমরা বলিতে বা অকিসে যে সকল বৈদ্যুতিক উপকরণ যেমন— বাতি, ক্যান ইত্যাদি ব্যবহার করি এগুলো এসি মেইন লাইনের সাথে সমান্তরালভাবে সংযুক্ত করা হয়। সমান্তরালভাবে সংযোগের ফলে প্রত্যেকটি উপকরণ একই ভোল্টেজ সরবরাহ পায়। কিন্তু উপকরণগুলো ভিন্ন ভিন্ন প্রবাহ গ্রহণ করে।

১১.১১ তুল্যরোধ এবং বর্তনীতে তুল্যরোধ নির্ণয়

Equivalent resistance and determination of equivalent resistance in circuit

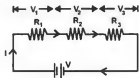
অনেক সময় বিভিন্ন প্রয়োজনে একাধিক রোধকে একত্রে ব্যবহার করতে হয়। একাধিক রোধকে একত্রে সংযোগ করাকেই রোধের সন্ধিবেশ বলে।

তুল্যরোধ: রোধের কোনো সন্ধিবেশের পরিবর্তে যে একটি মাত্র রোধ ব্যবহার করলে বর্তনীর প্রবাহমাত্রা ও বিভব পার্থক্যের কোনো পরিবর্তন হয় না, তাকে ঐ সন্ধিবেশের তুল্য রোধ বলে।

রোধের সন্ধিবেশ দুই ধরনের হতে পারে, যথা— শ্রেণি সন্ধিবেশ ও সমান্তরাল সন্ধিবেশ।

রোধের শ্রেণি সন্ধিবেশ

১১.১২ চিত্রে রোধক R_1 , R_2 এবং R_3 স্রেণিবিন্যাসে সংযুক্ত আছে। রোধগুলো পর্যায়ক্রমে একটির পর অন্যটি সংযুক্ত করা হয়েছে। একেত্রে প্রত্যেকটি রোধের মধ্য দিয়ে একই মানের তড়িৎ প্রবাহ I প্রবাহিত হচ্ছে। এখন আমরা শ্রেণি সন্ধিবেশ সংযুক্ত এই তিনটি রোধের তুল্য রোধ নির্ণয় করবো।



চিত্র : ১১.১২

ও'মের সূত্র থেকে আমরা জানি,

$$R_1 \text{ রোধের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য, } V_1 = IR_1$$

$$R_2 \text{ রোধের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য, } V_2 = IR_2$$

$$R_3 \text{ রোধের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য, } V_3 = IR_3$$

সবগুলো রোধের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য অর্থাৎ সন্ধিবেশের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য V হলে

$$\begin{aligned}
 V &= V_1 + V_2 + V_3 \\
 &= IR_1 + IR_2 + IR_3 \\
 &= I(R_1 + R_2 + R_3)
 \end{aligned} \tag{11.5}$$

এখন R_1 , R_2 ও R_3 মানের রোধ তিনটিকে যদি R_s মানের এমন একটি রোধ দ্বারা প্রতিস্থাপন করা হয় যে, এতে বর্তনীতে একই প্রবাহ I চলে এবং রোধগুলোর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য V অপরিবর্তিত থাকে তাহলে R_s ই হবে এই সন্নিবেশের তুল্য রোধ।

$$\begin{aligned}
 \text{তুল্যরোধের ক্ষেত্রে } V &= IR_s \\
 \text{সমীকরণ তুলনা করে পাই,}
 \end{aligned} \tag{11.6}$$

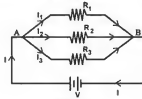
$$\begin{aligned}
 IR_s &= I(R_1 + R_2 + R_3) \\
 R_s &= R_1 + R_2 + R_3
 \end{aligned}$$

তিনটি রোধের পরিবর্তে যদি n সংখ্যক রোধ শ্রেণি সন্নিবেশে যুক্ত থাকে, তা হলে তুল্য রোধ R_s হবে

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

অর্থাৎ শ্রেণি সন্নিবেশে সংযুক্ত রোধগুলোর তুল্যরোধের মান সন্নিবেশে অন্তর্ভুক্ত বিভিন্ন রোধের মানের যোগফলের সমান। শ্রেণি সন্নিবেশে তুল্যরোধের মান আলাদা আলাদা প্রত্যেকটি রোধের মানের চেয়ে বড়।

সমান্তরাল সন্নিবেশ: কতকগুলো রোধ যদি এমনভাবে সংযুক্ত করা হয় যে, সবকয়টি রোধের একপ্রান্ত একটি সাধারণ বিন্দু A -তে এবং অপর প্রান্তগুলো অন্য একটি সাধারণ বিন্দু B -তে সংযুক্ত থাকে এবং প্রত্যেকটি রোধের দুই প্রান্তে একই বিভব পার্থক্য বজায় থাকে, তবে রোধগুলোর এই সন্নিবেশকে সমান্তরাল সন্নিবেশ বলা হয়।



চিত্র : ১১.১৩

১১.১৩ চিত্রে তিনটি রোধক R_1 , R_2 এবং R_3 সমান্তরাল সন্নিবেশে সংযুক্ত করা হয়েছে। এক্ষেত্রে তিনটি রোধের দুই প্রান্তে একই বিভব পার্থক্য V বজায় আছে। রোধের মানের বিভিন্নতার জন্য তাদের প্রত্যেকের মধ্য দিয়ে আলাদা মানের তড়িৎ প্রবাহিত হচ্ছে। এক্ষেত্রে বর্তনীর মূল প্রবাহ I , A সংযোগ বিন্দুতে এসে তিনটি ভাগে বিভক্ত হয় এবং পুনরায় B বিন্দুতে এসে মিলিত হয়। ধরা যাক, R_1 , R_2 এবং R_3 রোধের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ প্রবাহের মান যথাক্রমে I_1 , I_2 এবং I_3 । সুতরাং সমান্তরাল সন্নিবেশের প্রবাহ I , I_1 , I_2 এবং I_3 -এর যোগফল সাংযোগ বিন্দু A -এর প্রবাহ I এর সমান। অর্থাৎ

$$\therefore I = I_1 + I_2 + I_3 \tag{11.7}$$

এক্ষেত্রে, প্রত্যেকটি রোধের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য V হওয়ায় ও 'মের সূত্র প্রয়োগ করে আমরা পাই,

$$I_1 = \frac{V}{R_1}, I_2 = \frac{V}{R_2} \text{ এবং } I_3 = \frac{V}{R_3}$$

(11.7) নং সমীকরণে I_1 , I_2 এবং I_3 -এর মান বসিয়ে পাই,

$$\begin{aligned} I &= \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} \\ &= V \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \end{aligned} \quad (11.8)$$

এখন R_1 , R_2 ও R_3 মানের রোধ তিনটিকে যদি R_p মানের এমন একটি রোধ দ্বারা প্রতিস্থাপন করা হয় যে, এতে বর্তনীতে একই প্রবাহ I চলে এবং রোধগুলোর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য V অপরিবর্তিত থাকে, তাহলে R_p ই হবে ঐ সন্নিবেশের তুল্য রোধ।

$$\therefore I = \frac{V}{R_p} \quad (11.9)$$

(11.8) ও (11.9) সমীকরণ তুলনা করে পাওয়া যায়,

$$\begin{aligned} \frac{V}{R_p} &= V \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \\ \frac{1}{R_p} &= \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \end{aligned}$$

তিনটি রোধের পরিবর্তে যদি n সংখ্যক রোধ সমান্তরাল সন্নিবেশে যুক্ত থাকে, তাহলে তুল্যরোধ R_p কে নিম্নলিখিত ভাবে প্রকাশ করা যায়।

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (11.10)$$

অর্থাৎ সমান্তরাল সন্নিবেশে সংযুক্ত প্রত্যেকটি রোধের বিপরীত রাশির সমষ্টি তুল্যরোধের বিপরীত রাশির সমান।

পাণ্ডিতিক উদাহরণ ১১.৬ : 5Ω এবং 10Ω মানের দুইটি রোধ আলাদাভাবে গ্রেডি এবং সমান্তরাল সন্নিবেশে সংযুক্ত করলে উভয় ক্ষেত্রে তুল্য রোধের মান নির্ণয় কর।

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} R_5 &= R_1 + R_2 \\ &= 5 \Omega + 10 \Omega \\ &= 15 \Omega \end{aligned}$$

আবার,

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_p} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \\ \frac{1}{R_p} &= \frac{1}{5\Omega} + \frac{1}{10\Omega} \\ &= \frac{2+1}{10} \Omega^{-1} \\ &= \frac{3}{10} \Omega^{-1} \end{aligned}$$

$$R_p = 3.33 \Omega$$

উঃ $R_5 = 15 \Omega$ এবং $R_p = 3.33 \Omega$

এখানে,

প্রথম রোধ, $R_1 = 5 \Omega$

দ্বিতীয় রোধ, $R_2 = 10 \Omega$

শ্রেণি সমবায়ে তুল্য রোধ, $R_5 = ?$

সমান্তরাল সমবায়ে তুল্য রোধ, $R_p = ?$

১১.১২ তড়িৎ ক্ষমতা

Electric power

যখন কোনো পরিবাহীর দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্য প্রয়োগ করা হয়, তখন ঐ পরিবাহীতে তড়িৎপ্রবাহের সৃষ্টি হয়। এর ফলে কাজ সম্পন্ন হয় এবং ইলেকট্রনগুলো শক্তি অর্জন করে। এই তড়িৎশক্তি বর্তনীর প্রকৃতি অনুযায়ী বিভিন্ন প্রকার শক্তিতে যেমন—তাপ, আলো, যান্ত্রিকশক্তি ইত্যাদিতে রূপান্তরিত হতে পারে।



চিত্র : ১১.১৪

ধরা যাক, AB , R রোধের একটি পরিবাহী এর মধ্য দিয়ে t সময়ে Q পরিমাণ আধান প্রবাহিত হয় এবং A ও B বিন্দুর বিভব পার্থক্য V । আমরা জানি যদি, কোনো পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য ১ ভোল্ট হয় এবং এর মধ্য দিয়ে ১ কুলম্ব আধান প্রবাহিত হয়, তখন কৃত কাজের পরিমাণ হয় তথা ব্যয়িত শক্তির পরিমাণ হয় ১ জুল। সুতরাং পরিবাহীর মধ্য দিয়ে Q কুলম্ব আধান পরিবাহিত হলে কৃত কাজ VQ জুল।

সুতরাং, ব্যয়িত শক্তি তথা রূপান্তরিত মোট শক্তির পরিমাণ

$$W = VQ$$

আবার তড়িৎপ্রবাহ,

$$I = \frac{Q}{t}$$

$$\text{বা, } Q = It$$

$$\therefore W = VIt$$

$$(11.11)$$

ও 'মের সূত্র ব্যবহার করে এ সম্পর্ককে নিম্নোক্তভাবেও প্রকাশ করা যায়।

$$\therefore W = VIt = I^2 Rt = \frac{V^2}{R} t \quad \text{জুল} \quad (11.12)$$

তড়িৎ ক্ষমতা

আমরা বাড়ি ও কলকারখানায় যে সকল বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি ব্যবহার করি তাদের প্রত্যেকটির গায়ে সাধারণত কী পরিমাণ ভোল্টেজে এটি চলে তা এবং এর তড়িৎ ক্ষমতা ওয়াট লেখা থাকে। আমরা জানি কাজ সম্পাদনের হার তথা শক্তি রূপান্তরের হারকে ক্ষমতা বলে। সুতরাং, কোনো বৈদ্যুতিক যন্ত্রে তড়িৎশক্তি অন্যান্য শক্তিতে রূপান্তরিত হয়, তাই হলো এ যন্ত্রের ক্ষমতা P ।

$$\text{অর্থাৎ, ক্ষমতা} = \frac{\text{কৃত কাজ}}{\text{সময়}} = \frac{\text{রূপান্তরিত শক্তি}}{\text{সময়}}$$

$$\therefore P = \frac{W}{t} \quad (11.13)$$

সমীকরণ (11.11) থেকে W -এর মান বসিয়ে পাই,

$$P = VI \quad (11.14)$$

ও 'মের সূত্র প্রয়োগ করে P কে V , I এবং R -এর সাহায্যে নিম্নোক্তভাবে প্রকাশ করা যায়—

$$P = VI = I^2 R = \frac{V^2}{R} \quad (11.15)$$

আমরা জানি ক্ষমতার একক হল ওয়াট (W)। তড়িৎ শক্তি হিসাবের সময় সাধারণত ওয়াটের পরিবর্তে kW, MW ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়। $1\text{ kW} = 10^3\text{ W}$ এবং $1\text{ MW} = 10^6\text{ W}$ ।

আমরা বাসাবাড়িতে যে সকল বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি ব্যবহার করি তার মধ্যে কয়েকটির ক্ষমতা ট্রেপের করা হলো।

বৈদ্যুতিক বাত্বের ক্ষমতা 40, 60, 100 W হয়ে থাকে। বৈদ্যুতিক পাখার ক্ষমতা সাধারণত 65-75 W হয়।

টেলিভিশনের ক্ষমতা সাধারণত 60-70 W। আন্ধকার আমরা যে সকল এনার্জি সেভিং বাল্ব ব্যবহার করি এগুলোর ক্ষমতা সাধারণত 11-30 W হয়।

এছাড়াও আমরা বাসার ফ্রিজ, হিটার, ইস্ত্রি, ব্যবহার করি এসের ক্ষমতা অনেক বেশি। তাই পিক আওয়ারে এসব যন্ত্রপাতি ব্যবহার না করা ভালো।

তড়িৎশক্তি ব্যয়ের হিসাব

আমরা বাসাবাড়ি, সোকান, কলকারখানায় যে তড়িৎ শক্তি ব্যবহার করি তার জন্য মূল্য পরিশোধ করতে হয়। তড়িৎ শক্তি ব্যবহার করে এমন প্রত্যেক বাড়িতে একটি বৈদ্যুতিক মিটার থাকে যা বাড়িতে ব্যয়িত তড়িৎ শক্তির হিসাব রাখে। বিদ্যুৎব্যাপী তড়িৎ সরবরাহ প্রতিষ্ঠান কিলোগ্রাট-ঘণ্টা (kWh) একককে ব্যয়িত তড়িৎশক্তির পরিমাণ নির্ধারণ করে। আমরা এই কিলোগ্রাট-ঘণ্টা একককে বোর্ড অব ট্রেড ইউনিট বা সত্বেক্ষেপে ইউনিট বলে থাকি। বৈদ্যুতিক মিটারে দুই সময়ের রিডিং-এর পার্থক্য থেকে ঐ সময়ের ব্যবহৃত তড়িৎ-শক্তির পরিমাণ পাওয়া যায়।

$$\text{ব্যেহত ক্ষমতা } P = \frac{\text{ব্যত কাজ}}{\text{সময়}} = \frac{\text{স্থানান্তরিত শক্তি}}{\text{সময়}}, \quad P = \frac{W}{t}$$

$$\therefore W = Pt$$

যদি $P=1 \text{ kW}$ এবং $t=1 \text{ h}$ হয়, তখন $W=1 \text{ kW} \times 1 \text{ h}=1 \text{ kWh}$ হয়।

অর্থাৎ এক কিলোগ্রাট ক্ষমতাসম্পন্ন কোনো তড়িৎ যন্ত্র এক ঘণ্টা ধরে কাজ করলে যে পরিমাণ তড়িৎশক্তিকে অন্য শক্তিতে স্থানান্তর করে বা ব্যয় করে তাকে এক কিলোগ্রাট-ঘণ্টা বা এক ইউনিট বলে।

নিঙ্গে কর : 1kWh কে জুলে প্রকাশ কর।

$$1 \text{ kWh} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

ক্ষমতাকে ওয়াটে এবং সময়কে ঘণ্টার প্রকাশ করলে, ব্যয়িত তড়িৎশক্তি W -কে লেখা যায়-

$$W = Pt \text{ Wh}$$

একে 1000 দিয়ে ভাগ করলে ব্যয়িত শক্তি kWh এ পাওয়া যাবে।

নিঙ্গে কর: ভূমি যে ঘরে বাস করো, সেই ঘরে যদি বৈদ্যুতিক সরঞ্জাম থাকে, তাহলে ঐ ঘরে কী কী বৈদ্যুতিক উপকরণ আছে, তার একটি তালিকা তৈরি কর। এর থেকে ঐ ঘরের জন্য এক মাসের সম্ভাব্য ব্যয়িত শক্তির পরিমাণ নির্ণয় কর।

পাণিতিক উপায় ১১.৭ : একটি বাড়ের গায়ে 100 W- 220 V লিখা আছে। এর ফিল্যামেন্টের রোধ কত ? এর মধ্য দিয়ে কী পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হবে ?

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} P &= \frac{V^2}{R} \\ R &= \frac{V^2}{P} \\ &= \frac{220\text{V} \times 220 \text{ V}}{100\text{W}} \\ &= 484 \Omega \end{aligned}$$

এখানে

বিত্তব পার্থক্য, $V = 220 \text{ V}$
ক্ষমতা, $P = 100 \text{ W}$
রোধ, $R = ?$
তড়িৎ প্রবাহ, $I = ?$

আবার, $P = VI$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$= \frac{100W}{220V}$$

$$= 0.455 A$$

উ: 484Ω এবং $0.455 A$

১১.১৩ তড়িৎের সিস্টেম লস এবং লোড শেডিং

System loss and load shedding

আমরা জানি, দেশের বিভিন্ন স্থানে অবস্থিত বিদ্যুৎ গৃহস্থায়ী গ্রাউন্ডসেগেতে বিদ্যুৎ শক্তি উৎপাদিত হয়। উৎপন্ন এই বিদ্যুতকে প্রয়োজন অনুযায়ী বিভিন্ন স্থানে সঞ্চালন করতে হয়। বিদ্যুৎ সঞ্চালন ব্যবস্থার মাধ্যমে উৎপাদিত বিদ্যুৎ শক্তিকে বিদ্যুৎ কেন্দ্র থেকে বিভিন্ন স্থানে অবস্থিত বিদ্যুৎ সাবস্টেশনে স্থানান্তর করা হয়। এরপর বিভিন্ন সাবস্টেশন থেকে পুনরায় বিদ্যুৎ বিতরণ ব্যবস্থার মাধ্যমে বিদ্যুৎ শক্তিকে গ্রাহক পর্যায়ে বিতরণ করা হয়।

বিদ্যুৎ কেন্দ্রে বিদ্যুৎ শক্তি নিম্ন ভোল্টেজে উৎপাদন করা হয়। পরে এই ভোল্টেজকে স্টেপ আপ ট্রান্সফর্মারের সাহায্যে উচ্চ ভোল্টেজে রূপান্তরিত করা হয়। বিদ্যুৎ সঞ্চালনের জন্য যে সকল পরিবাহী তার ব্যবহার করা হয় তাদের একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ রোধ থাকে। কালে এই রোধকে অতিক্রমের জন্য তড়িৎশক্তির একটি অংশ তাপে রূপান্তরিত হয়। অর্থাৎ শক্তির লস বা ক্ষয় হয়। এই লসই হলো তড়িৎের সিস্টেম লস। উচ্চ ভোল্টেজে বিদ্যুৎ সঞ্চালনের কালে বিদ্যুৎ গ্লিড তথা পরিবাহীর প্রোধের কারণে যে লস হয় তা অনেকাংশে কমে যায়। একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ বিদ্যুৎশক্তির জন্য, উচ্চ ভোল্টেজে বিদ্যুৎ সঞ্চালনের কালে তড়িৎ প্রবাহের মান কম হয়। এর ফলে প্রোধজনিত লসের পরিমাণও কমে যায়। উদাহরণ হিসেবে কল্পনা করুন— যদি সঞ্চালন লাইন ভোল্টেজকে দশ গুণ বৃদ্ধি করা হয়, তখন তড়িৎ প্রবাহের মান এক দশমাংশ হয়। যার ফলে বিদ্যুৎ গ্লিডের I^2R লসের পরিমাণ একশত ভাগের এক ভাগ হয়। অর্থাৎ সঞ্চালন লাইনের ভোল্টেজকে বৃদ্ধি করে সিস্টেম লস কমানো যেতে পারে।

লোড শেডিং

প্রত্যেকটি বিদ্যুৎকেন্দ্র একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ বিদ্যুৎশক্তি উৎপাদন করে। সবগুলো বিদ্যুৎ কেন্দ্র থেকে উৎপাদিত বিদ্যুৎ জাতীয় স্কেলে যোগ হয়। বিভিন্ন এলাকার চাহিদা অনুযায়ী বিদ্যুৎ উপকেন্দ্র জাতীয় স্কেলে থেকে বিদ্যুৎ সরবরাহ করে। পরবর্তীতে বিদ্যুৎ উপকেন্দ্র গ্রাহক পর্যায়ে এ বিদ্যুতকে পৌঁছে দেয় বা বিতরণ করে। কোনো নির্দিষ্ট এলাকার বিদ্যুতের চাহিদা উৎপাদন বা সরবরাহের তুলনায় বেশি হলে তখন বিদ্যুৎ উপকেন্দ্রের পক্ষে চাহিদা মেটানো সম্ভব হয়ে উঠে না। তখন বাধ্য হয়ে উপকেন্দ্র কর্তৃপক্ষ বিতরণ ব্যবস্থার নির্দিষ্ট কিছু এলাকার কিছু সময়ের জন্য বিদ্যুৎ বিতরণ বন্ধ করে দেয় বা বিদ্যুৎ সংযোগ বিচ্ছিন্ন করে। একে লোড শেডিং বলে। আবার উপকেন্দ্র যখন প্রয়োজনীয় চাহিদা অনুযায়ী সরবরাহ পায় তখন পুনরায় ঐ এলাকার বিদ্যুৎ সরবরাহ করে।

যদি লোড শেডিং এক নাগাড়ে কয়েক ঘণ্টা স্থায়ী হয় তখন গ্রাহক পর্যায়ে লোডশেডিংক সনদীয় করতে কর্তৃপক্ষ চক্রাকারে বিভিন্ন এলাকার লোড শেডিং করে থাকে।

১১.১৪ তড়িৎের নিরাপদ ও কার্যকর ব্যবহার

Safe and effective use of electricity

তড়িৎের বিপজ্জনক শিক্ষামূল্য: তড়িৎ আমাদের দৈনন্দিন জীবনে অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। তড়িৎ আমাদের যেমন অনেক উপকারে আসে তেমনি এর অসতর্ক ব্যবহার অত্যন্ত বিপজ্জনক হতে পারে। বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি এবং বর্তনীতে যেকোনো ধরনের ত্রুটি বৈদ্যুতিক শক্তি নিতে পারে এবং অগ্নিকাণ্ড ঘটতে পারে। শরীরের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে মানুষের মৃত্যুরও ঝুঁকি রয়েছে। তড়িৎপ্রতির ব্যবহার নিম্নবর্ণিত তিনটি কারণে বিপজ্জনক হতে পারে।

১. অস্তরকের ক্ষতিসাধন;

২. ক্যাবলের অতি উত্তপ্ত হওয়া;

৩. অর্ধ অবস্থা।

১. অস্তরকের ক্ষতিসাধন: বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতিকে কাজ করতে হলে তাদেরকে ভোল্টেজ উৎসের সাথে দুইটি পরিবাহী তার দ্বারা সংযুক্ত করে বর্তনী সম্পূর্ণ করতে হয়। এই দুইটি তারকে আমরা বলি জীবন্ত (Live) এবং নিরপেক্ষ (Neutral) তার। এ সকল পরিবাহী তার সাধারণত রাবার দ্বারা অন্তরিত অবস্থায় থাকে। দুইটি তারকে পরে একত্রিত অবস্থায় পিতিসি বা রাবার দ্বারা আবৃত করে ক্যাবল তৈরি করা হয়।

সময় এবং ব্যবহার এর সাথে সাথে এ সকল অন্তরক পদার্থ ক্ষতিগ্রস্ত হয়। যেমন আমরা বাড়িতে যে বৈদ্যুতিক ইস্ত্রি ব্যবহার করি এর ক্যাবল ব্যবহারের সময় বৈকে যায় এবং মোড়ক যায়। এতে করে অন্তরকরম্ব অন্তরক ব্যবস্থা ফেটে এবং ভেঙে যেতে পারে। ফলে পরিবাহী তার উন্মুক্ত হয়ে যায়। এখন কোনোভাবে যদি জীবন্ত তার শরীরের স্পর্শেরে আসে তখন মারাত্মক বৈদ্যুতিক শক্তি দ্বারা অগ্নিস্রব হতে হয়। এছাড়া অন্তরক ব্যবস্থা ক্ষতিগ্রস্ত হওয়ার ফলে জীবন্ত তার এবং নিরপেক্ষ তার পরস্পরের স্পর্শেরে আসলে শর্ট সার্কিটের সৃষ্টি হবে এবং অগ্নিকাণ্ড ঘটতে পারে।



চিত্র ১১.১৫: বিপজ্জনক অবস্থায়
হেয়ার ড্রায়ার

২. ক্যাবলের অতি উত্তপ্ত হওয়া: যখন অস্বাভাবিকভাবে বেশি পরিমাণ তড়িৎপ্রবাহ বৈদ্যুতিক ক্যাবল বা পরিবাহী তার দিয়ে প্রবাহিত হয় তখন এটি উত্তপ্ত হয়। যেমন- যখন বৈদ্যুতিক পাখার মোটর অতি উত্তপ্ত হয় এবং গলে যায়, ফলস্বরূপে জীবন্ত তার এবং নিরপেক্ষ তার একত্রিত হয়ে যায় এবং অস্বাভাবিকভাবে উচ্চমানের তড়িৎ প্রবাহিত হয়। এছাড়া অনেক সময় আমরা সকেটে মাটিগ্রাণ ব্যবহার করে অনেকগুলো বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতিকে একসাথে সংযোগ দেই। এর ফলে সকেটের অভ্যন্তরীণ পরিবাহী তার মেইন লাইন থেকে যে পরিমাণ তড়িৎ গ্রহণ করে তা এই পরিবাহী তার নিরাপদে যে পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ গ্রহণ করতে পারে তার চেয়ে অনেক বেশি হয়। এর ফলে ক্যাবল তার অত্যধিক উত্তপ্ত হয়ে উঠে, অন্তরক ব্যবস্থা গলে যায় এবং অগ্নিকাণ্ড ঘটায়।

৩. অর্ধ অবস্থা: অর্ধ অবস্থায় অনেক বৈদ্যুতিক দুর্বলতা ঘটে থাকে। আমরা জলি, পানির মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হতে পারে। এ কারণে কোনো কৈদুতিক সরঞ্জামের যে সকল অংশ অন্তরিত অবস্থায় থাকে না সেগুলো সবসময় শুষ্ক রাখতে হবে। অন্যথায় বৈদ্যুতিক শর্টসার্কিট এবং শক্তি দ্বারা অগ্নিস্রব হওয়ার ঝুঁকি থাকবে। উদাহরণ হিসেবে বলা যায়, কোনো হেয়ার ড্রায়ারকে ভেজা সিল্ক জেবে দেওয়া অত্যন্ত বিপজ্জনক। যদি হেয়ার ড্রায়ারের তার উন্মুক্ত থাকে কিংবা তারের অন্তরক ব্যবস্থা ক্ষতিগ্রস্ত হয়ে যায়, তখন যিনি সিল্ক ব্যবহার করছেন তিনি বৈদ্যুতিক শক্তি দ্বারা অগ্নিস্রব হতে পারেন। এছাড়াও ভেজা হাত দ্বারা কোনো বৈদ্যুতিক সুইচ অনু বা অফ করাও বিপজ্জনক।

তড়িৎের নিরাপদ ব্যবহার

পূর্ববর্তী অনুচ্ছেদে আমরা তড়িৎ ব্যবহারের বিপজ্জনক দিক সম্পর্কে অবহিত হয়েছি। বর্তমান অনুচ্ছেদে আমরা ব্যক্তিতে তড়িৎের নিরাপদ ব্যবহার সম্পর্কে জানব।

ব্যক্তিতে তড়িৎ ব্যবহারের সময় যে সকল নিরাপত্তামূলক ব্যাবস্থা গ্রহণ করা প্রয়োজন এগুলো হলো:

১. সার্কিট ব্রেকার

২. ফিউজ

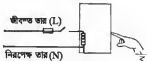
৩. সুইচের সঠিক সংযোগ

৪. ভুলসংযোগ তার

১. সার্কিট ব্রেকার: নিরাপত্তামূলক কৌশল হিসাবে সার্কিট ব্রেকার ব্যবহার করা হয়। এটি সাধারণত বাড়ির সন্ধ্যা দরজার আশেপাশে স্থাপন করা হয়। যখন কোনো বর্তনীতে নির্দিষ্ট মানের অধিক তড়িৎ প্রবাহিত হয় তখন সার্কিট ব্রেকার বর্তনীর তড়িৎ সরবরাহ বন্ধ করে দেয়। সার্কিট ব্রেকার বাড়ির কোনো নির্দিষ্ট অংশের তড়িৎ সরবরাহ বিচ্ছিন্ন করে। বর্তনীতে সার্কিট ব্রেকার না থাকলে অতিরিক্ত তড়িৎ প্রবাহের জন্য বাড়ির তড়িৎ সরঞ্জাম বিনষ্ট হয়ে যেতে পারে, এমনকি অগ্নিকান্ডও ঘটতে পারে।

২. ফিউজ: ফিউজ হলো একটি নিরাপত্তামূলক কৌশল। বৈদ্যুতিক বর্তনীতে অধিক তড়িৎপ্রবাহ প্রতিরোধের জন্য ফিউজ বসানো হয়। ফিউজটিকে সবসময় বৈদ্যুতিক ক্যাবলের শীকত তারে সংযোগ দেওয়া হয়। একটি স্বয়ং সৈন্যের ডিকন তার ফিউজ হিসেবে ব্যবহার করা হয়। নির্দিষ্ট মানের তড়িৎপ্রবাহ অশেপাশে বেশি তড়িৎ প্রবাহিত হলে ফিউজটি উত্তপ্ত হয় এবং গলে যায়। এতে বর্তনী বিচ্ছিন্ন হয় এবং বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি নষ্ট হওয়ার হাত থেকে রক্ষা পায়। ফিউজের গায়ে নির্দিষ্ট মানের তড়িৎপ্রবাহের উল্লেখ থাকে। কোনো বৈদ্যুতিক যন্ত্র বা সরঞ্জাম সর্বোচ্চ যে মানের তড়িৎপ্রবাহ বহন করতে পারে তার চেয়ে সামান্য বেশি তড়িৎপ্রবাহ বহনে সক্ষম এমন ফিউজ ব্যবহার করতে হবে। এতে করে ফিউজ গুলে গেলেও বৈদ্যুতিক সরঞ্জামটি তড়িৎায়িত হবে না। এছাড়াও ফিউজ পরিবর্তনের সময় বিদ্যুৎ সরবরাহের মেইন সুইচ বন্ধ করতে হবে।

৩. সুইচের সঠিক সংযোগ: সুইচের কাজ হলো কোনো বৈদ্যুতিক বর্তনীকে সম্পূর্ণ করা অথবা বর্তনীকে বিচ্ছিন্ন করা। বর্তনীতে সুইচ লাগানোর সময় খেয়াল রাখতে হবে, এটি যেন শীকত তারে সংযোগ দেওয়া হয়। এতে করে সুইচ বন্ধ করা মাত্র উচ্চ বিভব উৎস থেকে বৈদ্যুতিক সরঞ্জাম বিচ্ছিন্ন হবে [চিত্র ১১.১৬]। সুইচটিকে যদি ভুলবশত নিরপেক্ষ তারে সংযোগ দেওয়া হয়, তখন সুইচ বন্ধ করার পরও বৈদ্যুতিক সরঞ্জামটি শীকত থাকবে [চিত্র ১১.১৭] এবং বৈদ্যুতিক শকের ঝুঁকি বাড়বে।

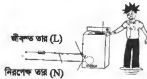


চিত্র : ১১.১৬: সুইচের সঠিক সংযোগ

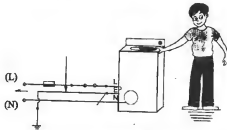


চিত্র ১১.১৭: সুইচের ভুল সংযোগ

৩. ভূসংযোগ তার: সকল কৈদ্যুতিক সরঞ্জাম বা উপকরণের কৈদ্যুতিক বর্তনী সম্পূর্ণ করার জন্য কমপক্ষে দুইটি তারের দরকার। এগুলো হলো জীবন্ত তার (L) ও নিরশেষ তার (N) তার। জীবন্ত তার কৈদ্যুতিক সরঞ্জামে কৈদ্যুতিক শক্তি সরবরাহ করে। অপরদিকে নিরশেষ তারের সাহায্যে তড়িৎপ্রবাহ উৎসে ফিরে আসে এবং বর্তনী সম্পূর্ণ করে। নিরশেষ তারের বিভব শূন্য। ভূসংযোগ তার হলো নিম্নরোধের তার। এটি স্বাভাবিক বৈদ্যুতিক সরঞ্জামের ধাতব ঢাকনার (Casing) সাথে সংযুক্ত থাকে। বিভিন্ন কারণে বর্তনী ত্রুটিমুক্ত থাকতে পারে। যেমন— যদি জীবন্ত তার সঠিকভাবে সংযুক্ত না থাকে এবং তা যদি কৈদ্যুতিক যন্ত্রের ধাতব ঢাকনাকে স্পর্শ করে তবে ব্যবহারকারী কৈদ্যুতিক শক ছাড়া ক্ষয়ক্ষতি হতে পারেন। ধাতব ঢাকনাটি ভূসংযোগ অবস্থায় থাকলে এমনটি ঘটবে না। এক্ষেত্রে জীবন্ত তার থেকে উভয়মানের তড়িৎপ্রবাহ ধাতব ঢাকনা হয়ে ভূসংযোগ তার দিয়ে মাটিতে চলে যাবে। কলে ফিউজটি পুড়ে যাবে এবং তড়িৎঝেদের বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ হয়ে যাবে। বাড়িতে ব্যবহৃত ফ্রিজের নিরাপদ ব্যবহারের জন্য অবশ্যই ভূসংযোগ বা আর্থিং দেওয়া উচিত। ১১.১৮ চিত্রে ভূসংযোগ তারবিহীন ডরাশিং মেশিন কীভাবে বিপজ্জনক হতে পারে তা কুলে ধরা হয়েছে। ১১.১৯ চিত্রে ভূসংযোগ তার কীভাবে নিরাপত্তামূলক সতর্কতা হিসেবে কাজ করে তা দেখানো হয়েছে।



চিত্র ১১.১৮: ভূসংযোগহীন ডরাশিং মেশিন



চিত্র ১১.১৯ ভূসংযোগসহ ডরাশিং মেশিন

এ ছাড়াও আচ্ছাদন বিভিন্ন বহনযোগ্য যন্ত্রপাতিতে গ্ৰী পিন গ্রাফ ব্যবহার করা হয়। এগুলোতে নিরাপত্তামূলক ব্যবস্থা হিসেবে ফিউজ সংযুক্ত থাকে। ফিউজটি তড়িৎ যন্ত্রটিকে নিরাপদ রাখে।

অনুসন্ধান- ১১.১

বাসা বাড়ি উপযোগী তড়িৎ বর্তনী নকশা প্রদান এবং ব্যবহার প্রদর্শন।

উদ্দেশ্য: শিক্ষার্থীরা বাসা বাড়িতে ব্যবহার উপযোগী তড়িৎ বর্তনীর নকশা প্রদান করে এর বিভিন্ন অংশে এসি উৎসের ব্যবহার প্রদর্শন করতে পারবে।

কাজের ধারা :

১. কাজের শুরুতেই বৈদ্যুতিক ক্যাবলের সীক্স (L)এক নিরপেক্ষ (N) তারে অঙ্কন কর।
২. এবার এ দুইটি তারকে প্রধান ফিউজ বক্স, বৈদ্যুতিক মিটার এবং ডিস্ট্রিবিউশন বক্সের সঙ্গে পরপর সংযোগ দাও।
৩. ডিস্ট্রিবিউশন বক্সে মেইন সুইচ অঙ্কন কর।
৪. ডিস্ট্রিবিউশন বক্সে দুইটি ফিউজ অঙ্কন কর। ফিউজগুলোকে অবশ্যই L তারে সংযোগ দিতে হবে।
৫. এবার একটি ফিউজের সঙ্গে দুইটি বাতি, একটি ফ্যান সমান্তরালভাবে সংযোগ দিয়ে বর্তনী সম্পূর্ণ কর। প্রত্যেক বাতি ও ফ্যানের জন্য Lতারে আলাদা সুইচ অঙ্কন কর।
৬. অন্য ফিউজটি ব্যবহার করে টেলিভিশন সেট, ইন্সট্রু ইত্যাদির জন্য আলাদা আলাদা পাওয়ার সকেটে সংযোগ দাও।

সিখে কর:

তড়িৎ শক্তির অণুচয় রোব ও সজরুপে সচেতনতা সৃষ্টির জন্য পোস্টার অঙ্কন।

১. যেকোন থেকে পোস্টার তৈরির জন্য পোস্টার পেপার সংগ্রহ কর।
২. বিভিন্ন রঙের কলম ব্যবহার করে তড়িৎ শক্তির অণুচয় রোব ও সজরুপে কী কী ব্যবস্থা গ্রহণ করা উচিত তা পোস্টারে লিখ।
৩. শিক্ষক সেরা পোস্টারটি নির্বাচন করবেন এবং পুরস্কারের ব্যবস্থা করবেন।

অনুশীলনী

ক. বহুনির্বাচনী প্রশ্ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দাও

১। যে সকল পদার্থের মধ্য দিয়ে খুব সহজেই তড়িৎ প্রবাহ চলতে পারে তাদেরকে কী বলে?

- | | |
|-----------------|---------------|
| (ক) অপরিবাহী | (খ) সুপরিবাহী |
| (গ) অর্ধপরিবাহী | (ঘ) পরিবাহী |

- ২। $2\ \Omega$, $3\ \Omega$ ও $4\ \Omega$ মানের তিনটি রোধ ত্রেণি সমবায়ে সযুক্ত থাকলে তুল্য রোধের মান হবে—
 (ক) $8\ \Omega$ (খ) $7\ \Omega$
 (গ) $9\ \Omega$ (ঘ) $20\ \Omega$
- ৩। কোনো পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য 100 V এবং তড়িৎ প্রবাহ মাত্রা 10 A হলে এর রোধ কত?
 (ক) $1000\ \Omega$ (খ) $0.1\ \Omega$
 (গ) $10\ \Omega$ (ঘ) কোনটিই নয়
- ৪। বর্তনীতে বৈদ্যুতিক অবস্থা পরিমাপের জন্য ব্যবহার করা হয় —
 i. ভোল্টমিটার
 ii. অ্যামিটার
 iii. জেনারেটর

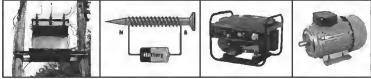
কোনটি সঠিক

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii
 (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii
৫. সূক্ষ্মদর্শী প্রশ্ন
- ১। একটি বৈদ্যুতিক হিটারে ব্যবহৃত নাইক্রোম তারের দৈর্ঘ্য ও প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল যথাক্রমে 30 m এবং $2 \times 10^{-7}\text{ m}^2$ ।
 নাইক্রোমের আপেক্ষিক রোধ $100 \times 10^{-8}\ \Omega\text{ m}$ । নাইক্রোম তারটিকে একই দৈর্ঘ্যের এবং প্রস্থচ্ছেদের
 ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট তার দ্বারা প্রতিস্থাপন করা হলো। তারের আপেক্ষিক রোধ $1.7 \times 10^{-8}\ \Omega\text{ m}$ ।
 (ক) রোধ কাকে বলে?
 (খ) বৈদ্যুতিক হিটারে নাইক্রোম তার ব্যবহার করা হয় কেন?
 (গ) ব্যবহৃত তারের রোধ নির্ণয় কর।
 (ঘ) তারের তার ব্যবহারের বৈদ্যুতিকতা বিশ্লেষণ কর।
- ২। পড়ার সময় আলতি $220\text{V}-100\text{ W}$ এর একটি বাতি দৈনিক ৩ ঘণ্টা করে অন্যদিকে তার তাই আলিফ $220\text{V}-40\text{ W}$ একটি মৌলি ল্যাম্প দৈনিক ৪ ঘণ্টা করে ব্যবহার করে। প্রতি ইউনিট বিদ্যুৎ শক্তির মূল্য 3.5 টাকা।
 ক. ও'মের সূত্রটি লিখ।
 খ. নির্দিষ্ট তাপমাত্রা, উপাদান ও প্রস্থচ্ছেদের পরিবাহকের দৈর্ঘ্য l গুণ বৃদ্ধি করলে রোধের কী পরিবর্তন হবে ব্যাখ্যা কর।
 গ. আলিফের বাতির প্রবাহমাত্রা নির্ণয় কর।
 ঘ. অর্থিক দিক বিবেচনায় আলতি ও আলিফের মধ্যে কে মিতব্যয়ী? গাণিতিক যুক্তিসহ বিশ্লেষণ কর।

প. সাধারণ প্রশ্ন

- ১। তড়িৎ প্রবাহ কাকে বলে?
- ২। তড়িৎ প্রবাহের প্রচলিত দিক এবং ইলেকট্রন প্রবাহের দিক কোনটি?
- ৩। পরিবাহী, অপরিবাহী এবং অর্ধপরিবাহী পদার্থ কাকে বলে?
- ৪। ও'মের সূত্রটি বিবৃত কর।
- ৫। দেখাও যে, $V = IR$ ।
- ৬। একটি ছক বসিয়ে I বনাম V লেখচিত্র অঙ্কন কর।
- ৭। আপেক্ষিক রোধের সংজ্ঞা দাও।
- ৮। দেখাও যে, স্রেণি সমবায়ে সংযুক্ত রোধগুলোর তুল্যরোধের মান সমবায়ে অম্পর্কিত বিভিন্ন রোধের মানের যোগ ফলের সমান।
- ৯। কী কী কারণে তড়িৎশক্তি ব্যবহার বিপজ্জনক হতে পারে?
- ১০। একটি বাসের হেড লাইটের ফিলামেন্টের $2.5 A$ তড়িৎ প্রবাহিত হয়। ফিলামেন্টের প্রান্তদ্বয়ের বিভব পার্থক্য $12 V$ হলে এর রোধ কত?
- ১১। একটি শুম্ব কোষের তড়িৎচালক শক্তি $1.5 V$ । $0.5 C$ আধানকে সম্পূর্ণ বর্তনী ঘুরিয়ে আনতে কোষের ব্যয়িত শক্তির পরিমাণ নির্ণয় কর।
- ১২। সিরি এবং পরিবর্তী রোধ কাকে বলে?
- ১৩। তড়িৎচালক শক্তি এবং বিভব পার্থক্য বলতে কী বোঝ?

ষাদশ অধ্যায়
তড়িৎের চৌম্বক ক্রিয়া
MAGNETIC EFFECT OF CURRENT



তড়িৎের চৌম্বক প্রভাব বেরন আছে যেমনি চুম্বকের তড়িৎ প্রভাব আছে। এই দুই প্রভাবকে কাজে লাগিয়ে অনেক তড়িৎ যন্ত্রপাতি তৈরি করা হয়েছে। এই সব যন্ত্রপাতি আমাদের অনেক সমস্যার সমাধান করেছে, জীবনে অনেক কাজায় আসেন এসে পিঠেছে, আমাদের জীবনমান উন্নত করেছে। এই অধ্যায়ে আমরা তড়িৎচুম্বক, তড়িৎচৌম্বক আবেশ, আকর্ষিত তড়িৎপ্রবাহ ও আকর্ষিত তড়িৎচালক শক্তি, তড়িৎ মোটর, জেনারেটর, ট্রান্সফর্মার ইত্যাদির কার্যপ্রণালি ও ব্যবহার নিয়ে আলোচনা করব।]

এই অধ্যায় পাঠ শেষে আমরা—

- ১। তড়িৎ প্রবাহের চৌম্বক ক্রিয়া ব্যাখ্যা করতে পারব।
- ২। তড়িৎচৌম্বক আবেশ ব্যাখ্যা করতে পারব।
- ৩। আকর্ষিত তড়িৎপ্রবাহ ও আকর্ষিত তড়িৎচালক শক্তি ব্যাখ্যা করতে পারব।
- ৪। বটর ও জেনারেটরের মূলনীতি ব্যাখ্যা করতে পারব।
- ৫। ট্রান্সফর্মারের মূলনীতি ব্যাখ্যা করতে পারব।
- ৬। স্টেপ আপ ও স্টেপ ডাউন ট্রান্সফর্মারের কার্যপ্রণালি ব্যাখ্যা করতে পারব।
- ৭। আমাদের জীবনে তড়িৎের নানাবিধের ব্যবহার ও এর অবদানকে প্রমাণ করতে পারব।

১২.১ তড়িৎের চৌম্বক ক্রিয়া

Magnetic effect of current

ওয়েস্টগেট তড়িৎের চৌম্বক ক্রিয়া বা প্রভাব আবিষ্কার করেন।

নিম্নে কর : পাশের চিত্রের মতো করে একটি বর্তনী তৈরি কর। তারের নিচে একটি কম্পাসকে এমনভাবে রাখ যেন এর কাঁটা উত্তর-দক্ষিণে মুখ করে থাকে। এবার সুইচ অন কর। কম্পাস কাঁটাটির কী ঘটছে?



চিত্র ১২.১

সুইচ অন করে বর্তনীতে প্রবাহ চালনা করার সাথে সাথে কম্পাস কাঁটাটি একদিকে সরে যাচ্ছে। তড়িৎপ্রবাহের দিক পরিবর্তন করলে কম্পাস কাঁটাটি উল্টা দিকে সরে যাবে। এর থেকে বোঝা যায় তড়িৎপ্রবাহ চুম্বককণাকার উপর একটি প্রভাব সৃষ্টি করে। অর্থাৎ তড়িৎ প্রবাহের একটি চৌম্বকক্রিয়া আছে।

পরীক্ষণ : একটি শক্ত কাগজে একটি পরিবাহী তার ঢুকিয়ে এই তারসহ একটি তড়িৎ বর্তনী তৈরি কর। কম্পাসটি অনুভূমিক করে রেখে তারটির চারপাশে কিছু সোহর গুঁড়ো ছড়িয়ে ছিটিয়ে দাও। এবার বর্তনী তথা পরিবাহী দিয়ে তড়িৎ চালনা কর এবং শক্ত কাগজে আঁতুল দিয়ে আস্তে আস্তে টোকা দিতে থাক।

সেখা যাবে সোহর গুঁড়ুগুলো চিত্র ১২.২ এর মতো নিম্নোক্তরকম সাজিয়ে নেবে। যে রেখায় সোহর গুঁড়ুগুলো নিম্নোক্তরকম সজ্জিত করে তাকে আমরা চুম্বক বলরেখা বলি। সুতরাং তড়িৎ প্রবাহ এর চারদিকে চৌম্বক প্রভাব ক্ষেত্র তথা চৌম্বক ক্ষেত্র তৈরি করে।



চিত্র ১২.২

১২.২ সলিনয়েড

Solenoid

উপরে বর্ণিত তারটিকে পেঁচিয়ে করলে বা কুঁচলী তৈরি করে আমরা চৌম্বক ক্ষেত্রে ক্রমশঃ ঘনীভূত করতে পারি (চিত্র ১২.৩ দেখ)। পেঁচানো বা কুঁচলী থাকানো তার দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করা হলে অধিকাংশ চুম্বক বলরেখা কুঁচলীর কেন্দ্রে ঘনীভূত হবে। চৌম্বকক্ষেত্রটি সেখানে অনেকটা দৃঢ় চুম্বকের ক্ষেত্রের মতো হবে। এরকম কুঁচলীকে বলা হয় সলিনয়েড। এর ভিতর যদি আমরা কোনো সোহর দণ্ড বা সোহর পেরেক ঢুকাই তাহলে সোহর দণ্ড বা পেরেকটি চুম্বকে পরিণত হবে। তড়িৎ প্রবাহ বন্ধ করে দিলে সোহর দণ্ডটি বা পেরেকটি আর চুম্বক থাকবে না। প্রবাহের দিক বিপরীত করা হলে, চুম্বকের মেয়ূ বিপরীত হয়ে যাবে। এভাবে সোহর দণ্ডটি বা পেরেকটি যে চুম্বকে পরিণত হলো তাকে বলা হয় তড়িৎচুম্বক।



চিত্র ১২.৩

১২.৩ তড়িৎচুম্বক

Electromagnet

সলিনয়েডের ভিতর কোনো সোহর দণ্ড বা পেরেককে ঢুকালে সলিনয়েডের নিম্নের যে চৌম্বকক্ষেত্র রয়েছে তার চেয়ে বেশি শক্তিশালী চৌম্বকক্ষেত্র তৈরি করে ফলে



চিত্র ১২.৩ (ক)

সম্মিলিত থেকে বেশি চৌম্বকক্ষেত্র পাওয়া যায়। তড়িৎ প্রবাহ চলাকালীন এটি বেশ শক্তিশালী চুম্বকে পরিণত হয়। একে বলা হয় তড়িতচুম্বক। এই চুম্বকের সকলতা নিম্নোক্তভাবে আরও বাড়ানো যায়—

- তড়িৎ প্রবাহ বাড়িয়ে
- সম্মিলিতের পাকের সংখ্যা বাড়িয়ে
- ইয়েলি U অক্ষরের মতো ঝিকিয়ে চুম্বক মেহু দুইটিকে আরও কাছাকাছি এনে।

বিভিন্ন তড়িৎ প্রবাহের ফলে বা সম্মিলিতের পাকের সংখ্যা বাড়ালে সম্মিলিত দ্বারা চুম্বককরিত দণ্ড বা পেরেকটি কী পরিমাণ অলপিন বা পেশার ক্রিপ আকর্ষণ করতে পারে তা ভোমালের শিক্ষকের সহায্য নিয়ে পরীক্ষা করে দেখ। বৈদ্যুতিক ঘন্টা তৈরি, পোহা বা ইস্পাতের তালী জিনিস উঠানামা করা বা আবর্জনা সরানোর রেল তৈরিতে তড়িতচুম্বক ব্যবহার করা হয়। চোখের ভিতর পোহা বা ইস্পাতের গুঁড়া চুকলে তা বের করার বাজে এই চুম্বক ব্যবহার করা হয় এছাড়া টেলিফোনের ইয়ারপিস ও নরনার তড়িতচৌম্বক তালার তড়িতচুম্বক ব্যবহার করা হয়।

১২.৪ তড়িতচৌম্বক আবেশ

Electromagnetic Induction

বিজ্ঞানী ভররেন্টের তড়িতে চৌম্বক ক্রিয়া আবিষ্কারের পর অনেক বিজ্ঞানী চেষ্টা করতে থাকেন চৌম্বকক্ষেত্র থেকে তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টি করা যায় কিনা। এই নিয়ে যারা কাজ করছিলেন তাদের মধ্যে ইংল্যান্ডে মাইকেল ফারাডে, আমেরিকায় জোসেফ হেনরি এবং রাশিয়াতে এইচ.এফ.ই.লেভ ভিনসনই পৃথক পৃথকভাবে সাফল্য লাভ করেন। কিন্তু ১৮৩১ সালে মাইকেল ফারাডে তাঁর পরীক্ষালব্ধ ফলাফল প্রথম প্রকাশ করেন। তিনি দেখান যে, একটি পরিবর্তনশীল চৌম্বকক্ষেত্র তড়িতচৌম্বকশক্তি সৃষ্টি করতে পারে যা একটি আবদ্ধ বর্তনী দিয়ে একটি আবিষ্ট তড়িৎপ্রবাহ চালাতে পারে। পরিবর্তনশীল চৌম্বকক্ষেত্রের দ্বারা কোনো বর্তনীতে তড়িতচৌম্বকশক্তি বা তড়িত প্রবাহ সৃষ্টির এই ঘটনাকে তড়িতচৌম্বক আবেশ বলে। তড়িতচৌম্বক আবেশ আবিষ্কারের জন্য ফারাডে দুইটি পরীক্ষা করেছিলেন। পরীক্ষাগুলো তোমরাও করতে পার।

পরীক্ষা-১ : কার্ড বোর্ডের একটি চোত্রে গায়ে অস্তরীত তার পেঁচিয়ে একটি কুণ্ডলী তৈরি কর। এই কুণ্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহের উপস্থিতি বোঝার জন্য এর দুই প্রান্তের সাথে একটি গ্যালভানোমিটার যুক্ত কর। সতর্কতা নেওয়ার সময় তারের প্রান্তের অপরিবর্তী আবরণ ধুলে ফেলতে হবে। এখন একটি দণ্ড চুম্বকের দক্ষিণ মেহুকে দ্রুত চোত্রে ভিতর ঢুকোও। কী ঘটবে? কুণ্ডলী দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ চলবে। গ্যালভানোমিটারের কাঁটার বিক্ষেপ ঘটবে। এবার চুম্বকটি বের করে নাও। কী ঘটবে? চুম্বক প্রবেশ করানোর সময় গ্যালভানোমিটারের কাঁটার বিক্ষেপ যে দিকে হয়েছিল চুম্বককে বের করানোর সময় বিক্ষেপ হয়েছে তার বিপরীত দিকে। চুম্বকটিকে স্থির রেখে এবার যদি গ্যালভানোমিটারসহ কুণ্ডলীটিকে চুম্বকের দিকে দ্রুত নেওয়া হয় তাহলেও গ্যালভানোমিটারে কণিক বিক্ষেপ দেখা যাবে। কুণ্ডলীটিকে চুম্বক থেকে দূরে সরিয়ে নিলে বিক্ষেপ বিপরীত দিকে দেখা যাবে।



চিত্র : ১২.৪

পরীক্ষা-২ : এই পরীক্ষার জন্য অস্তরীত তামার তারের দুইটি বন্ধ কুণ্ডলী নিতে হবে। একটি কুণ্ডলীতে তড়িতচৌম্বক শক্তির উৎসবলে একটি ব্যাটারি, একটি পরিবর্তনশীল রোধ ও একটি টেপা চাবি সংযুক্ত করতে হবে (চিত্র ১২.৫ ক)। এ কুণ্ডলীকে মুখ্য কুণ্ডলী বলা হয়। মুখ্য কুণ্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহ চালালে অপর কুণ্ডলীতে তড়িৎ প্রবাহ অবিস্ট হয়। এ কুণ্ডলীতে গ্যালভানোমিটার সংযুক্ত করলে কণিক বিক্ষেপ দেখা যায়। একে সৌপ কুণ্ডলী বলা হয়। (চিত্র : ১২.৫ খ)। আবার তড়িৎ প্রবাহ বন্ধ করার সময়ও গ্যালভানোমিটারে বিক্ষেপ দেখা যাবে। তবে এবার বিক্ষেপ বিপরীত দিকে হয়।



চিত্র : ১২.৪ ক



চিত্র : ১২.৪ খ

১২.৪ আবিষ্কৃত তড়িৎ প্রবাহ ও আবিষ্কৃত ভোল্টেজ বা বিদ্যুত পর্বাণ্য

Induced current and induced voltage

পরীক্ষা দুইটি থেকে গ্যালভানোমিটারের বিক্ষেপ বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহের অস্তিত্ব প্রমাণ করে। সুতরাং কোনো তার কৃত্রিমভাবে আঘাত যদি কোনো চুম্বককে সান্ধ্যত্যা করা হয় অথবা সেতরা করা হয় কোনো চুম্বকের নিকট কোনো তার কৃত্রমিকে আশা সেতরা করা তাহলে তার কৃত্রমীতে তড়িৎপ্রবাহ উৎপন্ন হয়। একে তড়িৎচৌম্বক আবেশ বলে। কোনো তড়িৎবাহী তার বা বর্তনীর নিকট কোনো তার কৃত্রমী আশা সেতরা করলেও তার কৃত্রমীতে তড়িৎপ্রবাহ উৎপন্ন হয়। একেও তড়িৎচৌম্বক আবেশ বলে। সুতরাং আঘাত করতে পারি যে, একটি পতিশীল চুম্বক বা তড়িৎবাহী বর্তনীর সূর্য বা তড়িৎপ্রবাহের পরিবর্তনের সাহায্যে অন্য একটি সংলগ্ন বর্তনীতে ক্ষণস্থায়ী ভোল্টেজ ও তড়িৎ প্রবাহ উৎপন্ন হয়। পদার্থিক তড়িৎচৌম্বক আবেশ বলে। এই ভোল্টেজকে আবিষ্কৃত ভোল্টেজ এবং প্রবাহকে আবিষ্কৃত তড়িৎপ্রবাহ বলে।

চুম্বক ও কৃত্রমীর মধ্যবর্তী আশেপাশে গতি না থাকলে গ্যালভানোমিটারে কোনো বিক্ষেপ দেখা যায় না। আশেপাশে গতি যত বেশি হয় বিক্ষেপের পরিমাণও তত বৃদ্ধি পায়। সুতরাং কয় যায়, চুম্বক ও কৃত্রমীর মধ্যবর্তী আশেপাশে গতি যতজন থাকে আবিষ্কৃত তড়িৎ প্রবাহও ততজন শাস্ত্রী হয়। চুম্বকের সেহু পরিবর্তন করলে আবিষ্কৃত তড়িৎ প্রবাহের দিকও পরিবর্তিত হয়। আবিষ্কৃত ভোল্টেজ বা তড়িৎপ্রবাহ নিম্নোক্তভাবে বৃদ্ধি করা যায়—

- পতিশীল চুম্বক ব্যবহার করে
- চুম্বককে বা তারকৃত্রমীকে দ্রুত আশা সেতরা করে
- তারকৃত্রমীর পদ সংখ্যা বৃদ্ধি করে।

১২.৬ তড়িৎ প্রবাহী তারের উপর চুম্বকের প্রভাব

Effect of magnet on a current carrying wire

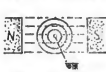
আঘাতা যদি যে, তড়িৎবাহী তার নিক্ষেপ একটি চৌম্বকক্ষেত্রে সৃষ্টি করে। পতিশীল চুম্বকের বিপরীত মেহুরের মধ্যে সৃষ্টি চৌম্বকক্ষেত্র এবং তড়িৎবাহী তারের চৌম্বক ক্ষেত্রের মধ্যে ক্রিয়া প্রতিক্রিয়া ঘটে।



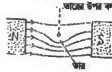
ভোমাসের শিখর এই ক্রিয়া প্রতিক্রিয়া ভোমাসের সেপাতে পুজেন। ভোমাসা শিখের বা শিখকের সাহায্যে এটা করে সেপাতে পায়। চিত্রের যত করে একটি পতিশীল চুম্বকের দুই প্রান্তের মধ্যে একটি তড়িৎবাহী তারকে রাখ। এই তারের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত কর। সেপা যে এটি উপরের দিকে থাকিয়ে উঠবে। এর কলে দেখা যায় যে, একটি কল এর উপর কয় করছে। এই কল কোল থেকে এল।

চিত্র : ১২.৬: শিখ ভোল্টেজ তড়িৎ উৎস

দুই স্থিতি চিত্র : ১২.৭ (ক) এর দিকে তাকাত তাহলে চুম্বকের মেহুরের মধ্যবর্তী ক্যাব্রাগুলো দেখতে পাবে। তড়িৎপ্রবাহের দৃশ্য সৃষ্টি চৌম্বক ক্ষেত্রটিও দেখানো হয়েছে। স্ট্রুটি কেন্দ্রের সমন্বয়ে স্ট্রুটি ক্যাব্রাগুলোও ১২.৭ (খ)-তে দেখানো হয়েছে। তারের নিচে তারের উপরের চেয়ে ক্যাব্রা বেশি। এর কারণ হলো উভয় ক্ষেত্রে একই দড়িমুখে চিন্তা করছে। চিত্র ১২.৭ (ক) আবার দেখ। তারের উপরে কেন্দ্রের পরস্পরের বিরোধিতা করছে, করেকটি ক্যাব্রা একে অপরকে আঁকি করে নিচ্ছে বলে দেখানো রেখার সংখ্যা কম। যেহেতু রেখাগুলো পরস্পরকে টান টান রাখতে চায় তাই (শিথিলশাপক রবার ডায়ের মত) তারা তারের উপর উর্ধ্বমুখী বল প্রয়োগ করে। বলে তারটি মুক্ত অবস্থায়



চিত্র ১২.৭ (ক)



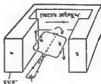
চিত্র ১২.৭ (খ)

থাকলে উপরের দিকে লফিয়ে উঠে। তড়িৎ প্রবাহের দড়িমুখ বিশ্লীভ করা হলে সে ক্ষেত্রে তারটি নিচের দিকে যাবে।

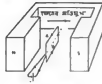
১২.৭ তড়িৎ মোটর

Electric motor

ধরা যাক, চুম্বকের মেহুরের মধ্যে একটি টান টান তার ব্যবহার না করে চিত্র ১২.৮ (ক) এর মতো তারের একটি দুই বা তৃত্বীয় ব্যবহার করা হলো। যেহেতু দুটি A থেকে বৈক B তে বিশ্লীভ দড়িমুখী হয়ে কিত্রে এসেছে তাই চুম্বক দুই অর্ধেকের মধ্যে পরস্পরের বিশ্লীভমুখী তড়িৎ প্রবাহিত হবে। সুতরাং A তে তারটি উপরের দিকে উঠবে এবং B তে তারটি নিচের দিকে নামবে। এর কলে তারটি ঘড়ির কাঁটার পন্থির দিকে ঘুরবে। চিত্র : ১২.৮ (খ) এর মতো তারটি বন্ধন বঁদ্ধ। অবস্থার থাকবে তখন এর উপর কোনো বল চিন্তা করবে না। কলে এটি থেমে যাবে। দুটিটিকে দুর্ব্যয়মান রাখার জন্য আধারা কমুটেটর নামক একটি উপকরণ ব্যবহার করব। এটি সমান দুই অংশে বিভক্ত একটি তারের কাল বা ব্যাটে (চিত্র ১২.৯ দেখ)। এর প্রত্যেক অর্ধাংশে কুন্ডলীর একটি প্রান্তের সাথে সংলগ্ন থাকে (যেখানতম A ও B তে)। বিভক্ত কলরের বাইরের প্রান্তটি একটি সুদৃঢ় কার্বন ব্রাশের দ্বারা তড়িৎ উৎসের সাথে সংলগ্ন স্থাপন করে। বিভক্ত কলটি কুন্ডলীর সাথে ঘুরে একে বন্ধন এর দুই অর্ধেকের মধ্যকার কীক কার্বন ব্রাশের বিশ্লীভে থাকে তখন কোনো তড়িৎ প্রবাহিত হবে না। কিন্তু তা সংযুক্ত দুর্বন পন্থির ক্ষয়ভাঙ্গার কারণে দুর্বন অব্যাহত থাকবে এবং পুনরায় ব্রাশের সংলগ্নে এসে দুর্বনের অন্য অর্ধাংশে বল স্তম্ভ করবে। এভাবে দুর্বন অবিচ্ছিন্ন চলতে থাকবে।



চিত্র ১২.৮ (ক)



চিত্র ১২.৮ (খ)

- ১। এলি জেনারেটর : এলি জেনারেটর অধিক প্রচলিত বিষয় এর গঠন ও কার্যপ্রণালী সম্পর্কে নিম্নে আলোচনা করা হলো :

গঠন : এতে একটি চুম্বক থাকে। চুম্বকের মধ্যবর্তী স্থানে একটি কচা সোহর পাতের উপর একটি তারের আয়তকর কুণ্ডলী (চিত্রে AB) থাকে। কচা সোহর পাতটিকে আর্মেচার বলে। আর্মেচারটিকে চুম্বকের দুই মেহুর মধ্যবর্তী স্থানে বাম্পিতক উপরে সমান্তরিত ঘুরানো হয়। আয়তকর কুণ্ডলীর দুই প্রান্ত দুইটি ট্রিপ রিং এর সাথে সংযুক্ত থাকে। ট্রিপ রিং দুইটি আর্মেচারের একই অক্ষ দ্বারা ঘুরতে পারে। দুইটি কার্বন নির্মিত ব্রাশ এমনভাবে স্থাপন করা হয় যেন তারা যখন আর্মেচার ঘুরতে থাকে তখন ট্রিপ রিং দুইটিকে স্পর্শ করে থাকে। ব্রাশ দুইটির সাথে বহির্বর্তনীর রোধ R সংযুক্ত থাকে।



চিত্র : ১২.১১

কার্যপ্রণালী : যখন আর্মেচারটিকে ঘুরানো হয় তখন আর্মেচার কুণ্ডলী চৌম্বকক্ষেত্রের কালরাখণ্ডসমূহকে ছেদ করে এবং তড়িৎচৌম্বক আবেশের নিয়মানুযায়ী কুণ্ডলীতে তড়িৎচালক শক্তি আবিষ্ট হয়। কুণ্ডলীর একবার ঘূর্ণনের মধ্যে আবিষ্ট তড়িৎপ্রবাহের দশমুখও একবার পরিবর্তিত হয়। এখন কুণ্ডলীর দুই প্রান্ত বহির্বর্তনীর সাথে সংযুক্ত থাকার বর্তনীতে পর্যাবৃত্ত তড়িৎপ্রবাহের উৎপত্তি হয়। আবিষ্ট তড়িৎপ্রবাহের মান প্রধানত চৌম্বকক্ষেত্রের সক্ষমতা ও ঘূর্ণনের বেগের উপর নির্ভর করে। এভাবে বাম্পিতক শক্তি থেকে পর্যাবৃত্ত প্রবাহ উৎপন্ন হয়।

১২.৯ ট্রান্সফর্মার

Transformer

যে যন্ত্রের সাহায্যে পর্যাবৃত্ত উচ্চ বিভবকে নিম্ন বিভবে বা পর্যাবৃত্ত নিম্ন বিভবকে উচ্চ বিভবে রূপান্তরিত করা যায় তাকে ট্রান্সফর্মার বলে। তড়িৎচৌম্বক আবেশের উপর ভিত্তি করে এই যন্ত্র তৈরি করা হয়। এই যন্ত্রে একটি কুণ্ডলীতে তড়িৎপ্রবাহ পরিবর্তন করে অন্য কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িৎচালক শক্তি বা তড়িৎ উৎপাদন করা হয়। ট্রান্সফর্মার সাধারণত দুই প্রকারের হয়। যথা—

১. আরোহী বা স্টেপ আপ ট্রান্সফর্মার (Step up transformer) : যে ট্রান্সফর্মার অধিক বিভবের অধিক তড়িৎ প্রবাহকে অধিক বিভবের অল্প তড়িৎপ্রবাহে রূপান্তরিত করে তাকে আরোহী বা স্টেপ আপ ট্রান্সফর্মার বলে।

২. অবরোহী বা স্টেপ ডাউন ট্রান্সফর্মার (Step down transformer) : যে ট্রান্সফর্মার অধিক বিভবের অল্প তড়িৎপ্রবাহকে অল্প বিভবের অধিক তড়িৎ প্রবাহে রূপান্তরিত করে তাকে অবরোহী বা স্টেপ ডাউন ট্রান্সফর্মার বলে।

ট্রান্সফর্মারের গঠন ও কার্যপ্রণালী : একটি কচা সোহর আয়তাকর মঞ্চ বা কোর নেওয়া হয়। এর পৃষ্ঠের বিপরীত দুই বাহুতে অশুভ্রীত তার পেঁচিয়ে ট্রান্সফর্মার তৈরি করা হয় (চিত্র ১২.১২)। আয়তাকর মঞ্চের এক বাহুর কুণ্ডলীতে পর্যাবৃত্ত প্রবাহ বা বিভব প্রয়োগ করা হয়, একে মুখ্য কুণ্ডলী বলে। অপর যে বিপরীত বাহুর কুণ্ডলীতে পর্যাবৃত্ত বিভব আবিষ্ট হয় তাকে গৌণ কুণ্ডলী বলে। আরোহী বা স্টেপআপ ট্রান্সফর্মারের মুখ্য কুণ্ডলীর চেয়ে গৌণ কুণ্ডলীতে তারের পাক সংখ্যা বেশি থাকে। অবরোহী বা স্টেপডাউন ট্রান্সফর্মারে মুখ্য কুণ্ডলীর চেয়ে গৌণ কুণ্ডলীর তারের পাক সংখ্যা কম থাকে।

- ১। এলি জেনারেটর : এলি জেনারেটর অধিক প্রচলিত বিষয় এর গঠন ও কার্যপ্রণালী সম্পর্কে নিম্নে আলোচনা করা হলো :

গঠন : এতে একটি চুম্বক থাকে। চুম্বকের মধ্যবর্তী স্থানে একটি কচা সোহর পাতের উপর একটি তারের আয়তকর কুণ্ডলী (চিত্রে AB) থাকে। কচা সোহর পাতটিকে আর্মেচার বলে। আর্মেচারটিকে চুম্বকের দুই মেহুর মধ্যবর্তী স্থানে বাম্পিতক উপরে সমন্বিত করে ঘুরানো হয়। আয়তকর কুণ্ডলীর দুই প্রান্ত দুইটি ট্রিপ রিং এর সাথে সংযুক্ত থাকে। ট্রিপ রিং দুইটি আর্মেচারের একই অক্ষ দ্বারা ঘুরতে পারে। দুইটি কার্বন নির্মিত ব্রাশ এমনভাবে স্থাপন করা হয় যেন তারা যখন আর্মেচার ঘুরতে থাকে তখন ট্রিপ রিং দুইটিকে স্পর্শ করে থাকে। ব্রাশ দুইটির সাথে বহির্বর্তনীর রোধ R সংযুক্ত থাকে।



চিত্র : ১২.১১

কার্যপ্রণালী : যখন আর্মেচারটিকে ঘুরানো হয় তখন আর্মেচার কুণ্ডলী চৌম্বকক্ষেত্রের কালরাখণ্ডসমূহকে ছেদ করে এবং তড়িৎচৌম্বক আবেশের নিয়মানুযায়ী কুণ্ডলীতে তড়িৎচালক শক্তি আবিষ্ট হয়। কুণ্ডলীর একবার ঘূর্ণনের মধ্যে আবিষ্ট তড়িৎপ্রবাহের দশমুখও একবার পরিবর্তিত হয়। এখন কুণ্ডলীর দুই প্রান্ত বহির্বর্তনীর সাথে সংযুক্ত থাকার বর্তনীতে পর্যাবৃত্ত তড়িৎপ্রবাহের উৎপত্তি হয়। আবিষ্ট তড়িৎপ্রবাহের মান প্রধানত চৌম্বকক্ষেত্রের সক্ষমতা ও ঘূর্ণনের বেগের উপর নির্ভর করে। এভাবে বাম্পিতক শক্তি থেকে পর্যাবৃত্ত প্রবাহ উৎপন্ন হয়।

১২.৯ ট্রান্সফর্মার

Transformer

যে যন্ত্রের সাহায্যে পর্যাবৃত্ত উচ্চ বিভবকে নিম্ন বিভবে বা পর্যাবৃত্ত নিম্ন বিভবকে উচ্চ বিভবে রূপান্তরিত করা যায় তাকে ট্রান্সফর্মার বলে। তড়িৎচৌম্বক আবেশের উপর ভিত্তি করে এই যন্ত্র তৈরি করা হয়। এই যন্ত্রে একটি কুণ্ডলীতে তড়িৎপ্রবাহ পরিবর্তন করে অন্য কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িৎচালক শক্তি বা তড়িৎ উৎপাদন করা হয়। ট্রান্সফর্মার সাধারণত দুই প্রকারের হয়। যথা—

১. আরোহী বা স্টেপ আপ ট্রান্সফর্মার (Step up transformer) : যে ট্রান্সফর্মার অধিক বিভবের অধিক তড়িৎ প্রবাহকে অধিক বিভবের অল্প তড়িৎপ্রবাহে রূপান্তরিত করে তাকে আরোহী বা স্টেপ আপ ট্রান্সফর্মার বলে।

২. অবরোহী বা স্টেপ ডাউন ট্রান্সফর্মার (Step down transformer) : যে ট্রান্সফর্মার অধিক বিভবের অল্প তড়িৎপ্রবাহকে অল্প বিভবের অধিক তড়িৎ প্রবাহে রূপান্তরিত করে তাকে অবরোহী বা স্টেপ ডাউন ট্রান্সফর্মার বলে।

ট্রান্সফর্মারের গঠন ও কার্যপ্রণালী : একটি কচা সোহর আয়তকর মঞ্চ বা কোর নেওয়া হয়। এর পৃষ্ঠের বিপরীত দুই বাহুতে অশুভ্রীত তার পেঁচিয়ে ট্রান্সফর্মার তৈরি করা হয় (চিত্র ১২.১২)। আয়তকর মঞ্চের এক বাহুর কুণ্ডলীতে পর্যাবৃত্ত প্রবাহ বা বিভব প্রয়োগ করা হয়, একে মুখ্য কুণ্ডলী বলে। অপর যে বিপরীত বাহুর কুণ্ডলীতে পর্যাবৃত্ত বিভব আবিষ্ট হয় তাকে গৌণ কুণ্ডলী বলে। আরোহী বা স্টেপআপ ট্রান্সফর্মারের মুখ্য কুণ্ডলীর চেয়ে গৌণ কুণ্ডলীতে তারের পাক সংখ্যা বেশি থাকে। অবরোহী বা স্টেপডাউন ট্রান্সফর্মারে মুখ্য কুণ্ডলীর চেয়ে গৌণ কুণ্ডলীর তারের পাক সংখ্যা কম থাকে।



চিত্র : ১২.১২ (ক) উত্তরাংশী ট্রান্সফর্মার



চিত্র : ১২.১২ (খ) নিম্নাংশী ট্রান্সফর্মার

যদি কোন ট্রান্সফর্মারে n_p পাকবিশিষ্ট মুখ্য কুণ্ডলীতে E_p পর্যায়কৃত বিভব প্রয়োগ করার ফলে এই কুণ্ডলীতে I_p প্রবাহ পাওয়া গেল। এই প্রবাহ মধ্যমিতিক করে চৌম্বক কারেন্টা উৎপন্ন করে যা মুখ্য কুণ্ডলীতে একটি অধিকতর ভোল্টেজ বা তড়িৎচালক শক্তি উৎপন্ন করে। চৌম্বক কারেন্টার যদি কোনো ক্ষরণ না হয় তাহলে সৌণ কুণ্ডলীর প্রতি পাকেও একই সংখ্যক কারেন্টা সমুদ্র হবে। ফলে সৌণ কুণ্ডলীতেও ভোল্টেজ বা তড়িৎচালক শক্তি অবিকট হবে। সৌণ কুণ্ডলীর পাক সংখ্যা n_s এক সৌণ কুণ্ডলীতে অধিকতর ভোল্টেজ বা তড়িৎচালক শক্তি E_s হলে মুখ্য ও সৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ ও তারের পাকসংখ্যার সম্পর্ক হবে,

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{n_p}{n_s} \quad (12.1)$$

যখন $n_s > n_p$ তখন ট্রান্সফর্মারটি আরোহী বা স্টেপআপ ট্রান্সফর্মার এক যখন $n_s < n_p$ তখন ট্রান্সফর্মারটি অবরোহী বা স্টেপডাউন ট্রান্সফর্মার। কোনো ক্ষমতার ক্ষতি না ঘটলে মুখ্য কুণ্ডলীর প্রকৃত সকল ক্ষমতা সৌণ কুণ্ডলীতে সরবরাহ হবে। সুতরাং, মুখ্য কুণ্ডলীর ভোল্টেজ \times মুখ্য কুণ্ডলীর তড়িৎপ্রবাহ = সৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ \times সৌণ কুণ্ডলীর তড়িৎপ্রবাহ অর্থাৎ $E_p I_p = E_s I_s$

$$\text{বা, } \frac{E_p}{E_s} = \frac{I_s}{I_p} \quad (12.2)$$

এর অর্থ এই যে, কোনো ট্রান্সফর্মার যে হারে ভোল্টেজ কমায় ঠিক সে হারে তড়িৎ প্রবাহ বৃদ্ধি করে যাতে ক্ষমতার পরিমাণ সমান বা হ্রাস থাকে। সুতরাং ট্রান্সফর্মার ভোল্টেজ ও তড়িৎ প্রবাহ উভয়কেই স্থাপন করে।

দূরদূরান্তে তড়িৎ প্রেরণের জন্য আরোহী বা স্টেপআপ ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করা হয়। নিম্ন ভোল্টেজ ব্যবহারকারী বস্ত্রপাতি বেদন রেডিও, টেলিভিশন, টেম্পেরকর্তার, তিলিয়ার, ভিসিপি, ইলেকট্রিক ঘড়ি ইত্যাদিতে অবরোহী বা স্টেপডাউন ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করা হয়।

লবিতিক উদাহরণ : ১২.১। একটি ট্রান্সফর্মারের মুখ্য কুণ্ডলীতে ভোল্টেজ ১০V এবং প্রবাহ ৬A। সৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ ২০V হলে, সৌণ কুণ্ডলীর প্রবাহ নির্ণয় কর।

অমরা জানি :

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

$$\text{বা, } I_s = \frac{E_p}{E_s} \times I_p = \frac{10V \times 6A}{20V} = 3A$$

উত্তর : ৩A

এখানে,

মুখ্য কুণ্ডলীর ভোল্টেজ, $E_p = 10V$

সৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ, $E_s = 20V$

মুখ্য কুণ্ডলীর প্রবাহ, $I_p = 6A$

সৌণ কুণ্ডলীর প্রবাহ, $I_s = ?$

পাণ্ডিতিক উপাধারণ : ১২.২। একটি ট্রান্সফর্মারের মূখ্য কুণ্ডলীর পাক সংখ্যা 50, ভোল্টেজ 210V। এর পৌন কুণ্ডলীর পাক সংখ্যা 100 হলে ভোল্টেজ কত ?

আমরা জানি :

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{n_p}{n_s}$$

$$\text{বা, } E_s = \frac{n_s}{n_p} \times E_p$$

$$= \frac{100}{50} \times 210V = 420V$$

উত্তর : 420V

পাণ্ডিতিক উপাধারণ : ১২.৩। একটি ট্রান্সফর্মারের মূখ্য কুণ্ডলীর পাক সংখ্যা 18 এবং পৌন কুণ্ডলীর পাক সংখ্যা 90, মূখ্য কুণ্ডলীর তড়িৎ প্রবাহ 7A হলে পৌন কুণ্ডলীর প্রবাহ কত ?

আমরা জানি :

$$\frac{I_s}{I_p} = \frac{n_p}{n_s}$$

$$\text{বা, } I_s = \frac{n_p}{n_s} \times I_p$$

$$\therefore I_s = \frac{18}{90} \times 7A = \frac{7}{5}A = 1.4A$$

উত্তর : 1.4A

এখানে,

মূখ্য কুণ্ডলীর পাক সংখ্যা $n_p = 50$

মূখ্য কুণ্ডলীর ভোল্টেজ, $E_p = 210V$

পৌন কুণ্ডলীর পাক সংখ্যা, $n_s = 100$

পৌন কুণ্ডলীর ভোল্টেজ, $E_s = ?$

এখানে,

মূখ্য কুণ্ডলীর পাক সংখ্যা $n_p = 18$

মূখ্য কুণ্ডলীর তড়িৎপ্রবাহ $I_p = 7A$

পৌন কুণ্ডলীর পাক সংখ্যা, $n_s = 90$

পৌন কুণ্ডলীর তড়িৎপ্রবাহ $I_s = ?$

অনুশীলনী

ক. বহুনির্বাচনী প্রশ্ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দাও

১। কোনো চৌম্বকের উপর অশুভ্রীত তার পেঁচিয়ে সলিনয়েড তৈরি করে তাতে তড়িৎপ্রবাহ চালালে চৌম্বকক্ষেত্রের কী ঘটবে?

(ক) ঘনীভূত ও দুর্বল হবে

(খ) ঘনীভূত ও শক্তিশালী হবে

(গ) কম ঘনীভূত ও দুর্বল হবে

(ঘ) কম ঘনীভূত কিন্তু শক্তিশালী হবে

২। কোনটির কার্যপ্রণালিতে তড়িৎচৌম্বক আবেশকে ব্যবহার করা হয় ?

- | | |
|--------------------|-------------------|
| (ক) ট্রানজিস্টর | (খ) মোটর |
| (গ) অ্যান্টিফায়ার | (ঘ) ট্রান্সফর্মার |

৩। কোন প্রক্রিয়া বা কার্যধারায় তড়িৎচালকশক্তি উৎপন্ন হয় –

- (i) কোনো তারকুণ্ডলীর ভিতর কোনো চুম্বক স্থির অবস্থায় রাখলে
 - (ii) কোনো চৌম্বকক্ষেত্রে কোনো তারকুণ্ডলী ঘুরালে
 - (iii) কোনো স্থির তারকুণ্ডলীর চারদিকে কোনো চুম্বক ঘুরালে
- নিচের কোনটি সঠিক?

- | | |
|------------|--------------|
| (ক) i | (খ) ii |
| (গ) i ও ii | (ঘ) ii ও iii |

কোনো তারকুণ্ডলীর ভিতর একটি সড় চুম্বক আনানোয়া করা হচ্ছে। এতে তারকুণ্ডলীতে ভোল্টেজ আবির্ভূত হচ্ছে। আবির্ভূত ভোল্টেজ কয়েকটি বিষয়ের উপর নির্ভর করে। এবার নিচের ৪ ও ৫ নম্বর প্রশ্নের জবাব দাও।

৪। তড়িৎচৌম্বক আবেশের বেগায় আবির্ভূত ভোল্টেজ কোনটির উপর নির্ভর করে ?

- (i) তারকুণ্ডলীর সাথে সংশ্লিষ্ট চৌম্বকক্ষেত্রের প্রবলতা
 - (ii) চৌম্বকক্ষেত্রে আনানোয়া করা তারকুণ্ডলীর রোধ
 - (iii) চৌম্বকক্ষেত্রে আনানোয়া করা তারকুণ্ডলীর প্রুতি
- নিচের কোনটি সঠিক?

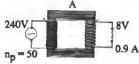
- | | |
|------------|-------------|
| (ক) i | (খ) ii |
| (গ) i ও ii | (ঘ) i ও iii |

৫। তারকুণ্ডলীর পাকের সংখ্যা বাড়ালে আবির্ভূত তড়িৎপ্রবাহের কী ঘটবে?

- | | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| (ক) তড়িৎপ্রবাহ কমে যাবে | (খ) তড়িৎপ্রবাহ বেড়ে যাবে |
| (গ) তড়িৎপ্রবাহের মান শূন্য হবে | (ঘ) তড়িৎপ্রবাহের মান সমান হবে |

৬. সূক্ষ্মদর্শন প্রশ্ন

১। চিত্রটি দেখে নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও।



- (ক) A চিহ্নিত কন্ডাক্টর দাম কী?
- (খ) যন্ত্রটি যে নীতি বা ঘটনার উপর তৈরি তা ব্যাখ্যা কর।
- (গ) এই যন্ত্রের মূল্য কতলীতে প্রবাহ যাত্রা নির্ণয় কর।
- (ঘ) উপরের আলোকে যন্ত্রটির ক্রিয়া গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর।

৭. সাধারণ প্রশ্ন

- ১। তড়িৎপ্রবাহের ত্রৈমাসিক ক্রিয়া কী?
- ২। তড়িৎচুম্বক কাকে বলে? এই চুম্বক কী কী কাজে লাগে?
- ৩। জেনারেটর কাকে বলে? জেনারেটর গিরে কী কাজ করা হয়?
- ৪। জেনারেটর ও তড়িৎ মোটরের মধ্যে পার্থক্য কী?
- ৫। স্টেপআপ ও স্টেপডাউন ট্রান্সফর্মার দ্বারা কী কাজ করা হয়?
- ৬। তড়িৎচুম্বকের প্রাক্য কীভাবে বৃদ্ধি করা যায় লিখ।
- ৭। কোনো ট্রান্সফর্মার 240V এসি উৎসের সাথে সংলগ্ন আছে। এর মূল্য ও পৌণ্ডলীর গুরুত্ব সংজ্ঞা বর্ণনামে 1000 ও 50। এর পৌণ্ডলীর ভোল্টেজ কত?

প্রয়োজন অধ্যায়

আধুনিক পদার্থবিজ্ঞান ও ইলেকট্রনিক্স

MODERN PHYSICS AND ELECTRONICS



[বিশেষ শতাধীর্ষ শুরূতে পদার্থবিজ্ঞানের অগণতে এক নতুন যুগের সূচনা হয়। এই সময় কোয়ান্টাম তত্ত্ব ও আপেক্ষিক তত্ত্ব আবিষ্কৃত হয়। অতি উচ্চ গতিসম্পন্ন কণার গতি একা নিউক্লীয় ও পরমাণবিক পদার্থবিজ্ঞানের বিভিন্ন ঘটনা ব্যাখ্যার জন্য তত্ত্ব দুইটি প্রয়োজন হয়ে পড়ে। এ ছাড়া ইলেকট্রনিক্স নামা বিবর্তনের মধ্য দিয়ে এক উন্নততর অবস্থায় পৌঁছার কালে আমরা তথ্য ও যোগাযোগের নানানরকম উন্নত বস্তুশক্তি নির্মাণ ও ব্যবহারে সক্ষম হই। এভাবে আধুনিক পদার্থবিজ্ঞান বিকাশ লাভ করে। এই অধ্যায়ে আমরা তেজস্ক্রিয়তা, তেজস্ক্রিয়কণা ও রশ্মি, ইলেকট্রনিক্স এর ক্রমবিকাশ, অর্ধপরিবাহী ও সমন্বিত বর্তনী, বিভিন্ন ইলেকট্রনিক্স ডিভাইস, মাইক্রোফোন, সীকার, রেডিও, টেলিভিশন, ফোন, ক্যালকুলেটর, ইন্টারনেট ও ইমেইল নিয়ে আলোচনা করব।]

এ অধ্যায় পাঠ শেষে আমরা—

১. তেজস্ক্রিয়তা ব্যাখ্যা করতে পারব
২. আলফা, বিটা ও গামারশ্রিয় বৈশিষ্ট্য ব্যাখ্যা করতে পারব
৩. ইলেকট্রনিক্স এর ক্রমবিকাশ বর্ণনা করতে পারব।
৪. এনালগ ও ডিজিটাল ইলেকট্রনিক্সের পার্থক্য করতে পারব।
৫. অর্ধপরিবাহী ও সমন্বিত বর্তনী ব্যাখ্যা করতে পারব।
৬. মাইক্রোফোন ও সীকারের কার্যক্রম ব্যাখ্যা করতে পারব।
৭. নির্বচিত যোগাযোগ প্রযুক্তি ডিভাইসের কার্যক্রমের মূলনীতি ব্যাখ্যা করতে পারব।
৮. ইন্টারনেট এক ই মেইলের সাহায্যে যোগাযোগ গ্রহীতা ব্যাখ্যা করতে পারব।
৯. তথ্য ও যোগাযোগ প্রযুক্তিগত ডিভাইস বীভাবে আমাদের জীবনব্যাপ্রাকে প্রভাবিত করেছে তা অনুসন্ধান করতে পারব।
১০. তথ্য ও যোগাযোগ প্রযুক্তি ডিভাইস সঠিক ও কার্যকর ব্যবহারে নিজে সচেতন হবো এবং অন্যদের সচেতন করব।

১৩.১ তেজস্ক্রিয়তা

Radioactivity

ফরাসী বিজ্ঞানী হেনরী বেকেরেল (Henry Becquerel) ১৮৯৬ সালে দেখতে পান যে, ইউরেনিয়াম ধাতুর নিউক্লিয়াস থেকে স্বতঃস্ফূর্তভাবে বিশেষ তেজসগতিসম্পন্ন বিকিরণ অবিরত নির্গত হয়। বেকেরেল আরো লক্ষ করেন, যে মৌল থেকে এই বিকিরণ নির্গত হয় তা একটি সম্পূর্ণ নতুন মৌলে রূপান্তরিত হয়। এটি একটি নিউক্লীয় ঘটনা। ঘটনাটি স্বতঃস্ফূর্ত ও অবিরাম ঘটনা এবং সম্পূর্ণভাবে প্রকৃতি নিয়ন্ত্রিত। মানব সৃষ্ট কোনো বহিঃক প্রভাব যেমন চাপ, তাপ, বিদ্যুৎ ও চৌম্বক ক্ষেত্র এই রশ্মির নির্গমন কক্ষ করতে বা হ্রাসবৃদ্ধি ঘটাতে পারে না। পরবর্তীকালে মাদাম কুরি (Madame Marie Curie, 1867-1934) ও তার স্বামী পিয়ের কুরি (Pierre Curie, 1859-1906) একই রকম ঘটনা লক্ষ করেন। তাঁরা দেখতে পান যে, রেডিয়াম, পোলোনিয়াম, থোরিয়াম, অ্যাকটিনিয়াম, প্রভৃতি ভারী মৌলের নিউক্লিয়াস থেকেও একই ধরনের বিকিরণ নির্গত হয়। এই বিকিরণ এখন তেজস্ক্রিয় রশ্মি (Radioactive rays) নামে পরিচিত। কোনো মৌল থেকে তেজস্ক্রিয় কণা বা রশ্মি নির্গমনের ঘটনাকে তেজস্ক্রিয়তা (Radioactivity) বলে। তেজস্ক্রিয় মৌল আলফা, বিটা ও গামা নামে তিন ধরনের শক্তিশালী রশ্মি নির্গমন করে। ফলে এরা তেজস্ক্রিয় অদ্যাত্য লবুতর মৌলে রূপান্তরিত হয়। যেমন রেডিয়াম ধাতু তেজস্ক্রিয় ভাঙনের ফলে ধাপে ধাপে পরিবর্তিত হয়ে সীসার পরিণত হয়। তেজস্ক্রিয়তা পরিমাপের জন্য যে একক ব্যবহার করা হয় তার নাম বেকেরেল।

১৩.২ আলফা কণা, বিটা কণা ও গামা রশ্মির বৈশিষ্ট্য

Properties of alpha, beta and gamma rays

আলফা কণা : আলফা কণা হলো একটি হিলিয়াম নিউক্লিয়াস। এর নিউক্লিয়াসে রয়েছে দুইটি প্রোটন ও দুইটি নিউট্রন। আলফা কণার তেলন ক্ষমতা কম, ৬ cm বাতাস তেল করে যেতে পারে না। এই কণা চৌম্বক ও তড়িৎ ক্ষেত্র দ্বারা প্রভাবিত হয়। এই কণা তীব্র আয়নায়ন সৃষ্টি করতে পারে এবং মল্লাভক কৃতিকর ও বিশদজনক। এর ভর হাইড্রোজেন পরমাণুর চার গুণ এবং তাপমাত্রা $3.2 \times 10^{19} \text{C}$ । ফটোগ্রাফিক ফিল্ম, ক্লাউড চেম্বার, স্বর্ণপাত তড়িৎবাহীকণ যন্ত্রের সাহায্যে এর উপস্থিতি নির্ণয় করা যায়। এই কণা দ্বিচ্ছক সালফাইড পর্দায় প্রতিপ্রভা সৃষ্টি করে। এর বেগ আলোর বেগের শতকরা ১০ ভাগ।

বিটা কণা: এই কণা কণাভক আধানযুক্ত এক চৌম্বক ও তড়িৎ ক্ষেত্র দ্বারা অনেক বেশি বিক্লিন্ত হয়। এর দ্রুতি আলোর দ্রুতির শতকরা ৫০ ভাগ তবে শতকরা ৯৮ ভাগ পর্যন্ত হতে পারে। এর ভর ইলেকট্রনের সমান অর্থাৎ $9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ । ফটোগ্রাফিক ফিল্ম ও ক্লাউড চেম্বার দিয়ে এর উপস্থিতি নির্ণয় করা যায়। এই কণা প্রতিপ্রভা সৃষ্টি করতে পারে। এর তেলন ক্ষমতা আলফা কণার চেয়ে বেশি। এর গতি 3 mm পুরু অ্যাপুইনিয়াম পাত দ্বারা থামিয়ে দেওয়া যায়। বিটা কণা গ্যাসে যথেষ্ট আয়নায়ন সৃষ্টি করতে পারে।

গামা রশ্মি: এই রশ্মি আধান নিরপেক্ষ। একটি তড়িতচৌম্বক তরঙ্গ। স্বল্প তরঙ্গ দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট। এর কোনো ভর নেই। এই রশ্মি তড়িৎ ও চৌম্বক ক্ষেত্র দ্বারা বিদ্যুত হয় না। এর দ্রুতি আলোর সমান অর্থাৎ $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ । এই রশ্মির তেলন ক্ষমতা অনেক বেশি। এটি বেশ কয়েক সেন্টিমিটার পুরু সীসার পাত তেল করে যেতে পারে। দুর্বল আয়নায়ন ক্ষমতা সম্পন্নহলেও এই রশ্মি প্রতিপ্রভা সৃষ্টি করতে পারে। ফটোগ্রাফিক ফিল্ম, ক্লাউড চেম্বার ও গাইগার মুলার কাউন্টার দিয়ে এর উপস্থিতি নির্ণয় করা যায়।

১৩.৩ তেজস্ক্রিয় মৌলের অর্ধায়ু

Half life of a radioactive element

একটি তেজস্ক্রিয় মৌলের কোন পরমাণুটি কখন ক্ষয়প্রাপ্ত হয় তা আমরা বলতে পারি না। কিন্তু কতগুলো পরমাণু কোন সময়ে ক্ষয়প্রাপ্ত হবে তা আমরা হিসাব করে বের করতে পারি। পরমাণুর ক্ষয় বিচ্ছেদার জন্য এক গুচ্ছ পরমাণু বিবেচনা করা হয়। যে সময়ে কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের মোট পরমাণুর ঠিক অর্ধেক পরিমাণ ক্ষয়প্রাপ্ত হয় তাকে ঐ পদার্থের অর্ধায়ু বলে। উদাহরণস্বরূপ ধরা যাক, কোনো মৌলে ৮০০০০০ টি তেজস্ক্রিয় পরমাণু আছে। এর অর্ধেক অর্থাৎ ৪০০০০০ টি পরমাণু ক্ষয় হয়ে কোনো নতুন মৌলে রূপান্তরিত হতে যে সময় লাগে তাকে ঐ পদার্থের অর্ধায়ু বলে। পরবর্তী অর্ধায়ুর পর এতে অবশিষ্ট থাকবে ২০০০০০টি পরমাণু। আর একটি অর্ধায়ুর পর এই পরমাণুর সংখ্যা পাঁচতাবে ১০০০০০টিতে, এভাবে চলতে থাকবে।

এখানে একটি সঙ্কলনের নিয়ম কাজ করে কোন পরমাণুটি কখন তেজে যাবে তা কেউ বলতে পারে না।

১৩.৪ তেজস্ক্রিয়তার ব্যবহার

Uses of radioactivity

তেজস্ক্রিয়তার বহুল ব্যবহার রয়েছে চিকিৎসা বিজ্ঞানে, কৃষিক্ষেত্রে ও শিল্প কারখানাতে। চিকিৎসা বিজ্ঞানে বিশেষ করে দূরারোগ্য ক্যানসার রোগ নিরাময়ে তেজস্ক্রিয়তার ব্যবহার আজ বহুল প্রচলিত। এছাড়া বিভিন্ন রোগ যেমন কিডনির স্ট্রোক, থাইরয়েডের সমস্যা নির্ণয়ে চিকিৎসা বিজ্ঞানে তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ তেজস্ক্রিয় ট্রেসার (tracer) বা প্রদর্শক বা সন্ধ্যায়ক হিসেবে ব্যবহৃত হয়। কৃষিক্ষেত্রে বিশেষ করে উন্নত জাতের শীষ তৈরি ও গাছের জন্য প্রয়োজনীয় বিশেষ ধরনের সার উৎপাদনের গবেষণায় তেজস্ক্রিয় ট্রেসার সফলতার সাথে ব্যবহৃত হচ্ছে। শিল্প কারখানাতেও তেজস্ক্রিয়তা ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হচ্ছে। যন্ত্রাংশটি জীবাণুমুক্ত করতে, কাগজকপে কাগজের পুরুত্ব নিয়ন্ত্রণে, অণুনের ধোয়ার উপস্থিতি নির্ণয়ে, খাতব বালি যাচাইয়ে তেজস্ক্রিয়তা ব্যবহৃত হচ্ছে। বনিক পদার্থে বিভিন্ন ধাক্কুর পরিমাণ নির্ণয়েও এর ব্যবহার রয়েছে। এমনকি রোগ নির্ণয়ের কাজেও তেজস্ক্রিয় সন্ধ্যায়ক সফলতার সাথে কাজে লাগানো হচ্ছে।

অনেক ঘড়ির কাঁটা ও নম্বরে অশ্বকারেও স্থলস্থল করতে দেখা যায়। এর কারণ হলো তেজস্ক্রিয় থোরিয়ামের সাথে জিক্স সালফাইড মিশিয়ে ঘড়ির কাঁটা ও নম্বরে প্রলেপ দেওয়া হয় ফলে এরা অশ্বকারে স্থলস্থল করে। লক্ষ লক্ষ বছরের পুরোনো জিনিসের বয়স বা কাল নির্ণয়ে তেজস্ক্রিয়তা ব্যবহার করা হয়।

১৩.৫ তেজস্ক্রিয়তা সশর্কে সচেতনতা

Awareness of radioactivity

তেজস্ক্রিয়তার আমাদের অনেক উপকারে লাগে কিন্তু এ থেকে মারাত্মক বিপদও ঘটতে পারে। উচ্চ মাত্রার তেজস্ক্রিয় বিকিরণ মানবদেহে নানা রকম সমস্যার সৃষ্টি করে। এই বিকিরণ থেকে জীবনঝটি ক্যানসার হতে পারে। দীর্ঘ দিন মাত্রাতিরিক্ত তেজস্ক্রিয় বিকিরণের সতর্কণে থাকলে মানুষের রোগ প্রতিরোধ ক্ষমতা হ্রাস পায়। মানুষ মানসিক বিকারগ্রস্ত হতে পারে। এমন কি বিকলজ্ঞাতাও সৃষ্টি হতে পারে। তেজস্ক্রিয়তার ক্ষতিকর প্রভাব বেশ প্রসঙ্গীয়ও পরিশুদ্ধ হয়। সুতরাং যারা তেজস্ক্রিয় বিকিরণ নিয়ে কাজ করেন তাদের সতর্ক থাকতে হবে। মাত্রাতিরিক্ত তেজস্ক্রিয় বিকিরণ থেকে রক্ষার জন্য প্রয়োজনীয় ব্যবস্থা নিতে হবে।

১৩.৬ ইলেকট্রনিক্সের ভ্রমবিকাশ

Development of electronics

বর্তমান যুগ হলো ইলেকট্রনিক্সের যুগ। রেডিও, টেলিভিশন, ফোন, ব্যাক্স, কম্পিউটার, ক্যামেরা, যদি ইত্যাদি সকল ডিভাইস ইলেকট্রনিক্সের অবলম্বন। ভ্যানক্ল্যাম টিউব, বিশেষ ধরনের বেলন ও টিপসের মধ্য দিয়ে তড়িৎপ্রবাহের নিয়ন্ত্রণ হলো ইলেকট্রনিক্স। ইলেকট্রনিক্সের ইতিহাস প্রায় একশত বছরেরও বেশি পুরানো। ইলেকট্রনিক্সের প্রবৃত্তি যারা শুরু ১৮৮৫ সালে এডিসন দ্বারা আবিষ্কারের মধ্য দিয়ে। এডিসন যখন তড়িৎ বাতি দিয়ে কাজ করছিলেন তখন একটি ভিনিস তাকে খুব বিব্রত করছিল। তার ব্যক্তির অর্ধন বিশ্লেষকের প্রাপ্ত বার বার পুড়ে যাকি। এ অসুবিধা মূর করার জন্য তিনি বিশ্লেষকের সাথে একটি প্রেট সিল করে যুক্তির দিলেন। তিনি দেখতে পান বিশ্লেষক সাপেক্ষে প্রেটকে যখন বদলায়ক বিভব দেওয়া হচ্ছে ভ্যানক্ল্যাম টিউবের মধ্য দিয়ে একটি তড়িৎপ্রবাহ চলে বিশ্লেষক প্রেটকে স্বপাশক বিভব দিলে তড়িৎপ্রবাহ চলে না। এডিসন বিবরতির খ্যাতি এভাবে পেল, যেহেতু উদ্ভাবক বিশ্লেষক থেকে নিসৃত আধান বদলায়ক প্রেটের সিকে যায়, সুতরাং এ আধান স্বপাশক। প্রেট স্বপাশক হলে ঐ নিসৃত আধানকে বিকর্ষণ করে ফলে বর্তনীতে কোনো তড়িৎপ্রবাহ থাকে না। এটাই এডিসন দ্বারা নামে পরিচিত। বৃটিশ পদার্থবিজ্ঞানী রেমি এডিসন দ্বারাকে কাছে শাসিয়ে প্রথম ভ্যানক্ল্যাম টিউব আবিষ্কার করেন। এই টিউব রেকটিফায়ার বা একমুখিকরক হিসেবে কাজ করে অর্থাৎ এটি সিক পরিবর্তী তড়িৎ প্রবাহকে (এসি) একমুখি তড়িৎ প্রবাহতে (ডিসি) পরিবর্তিত করে। এটাই ইলেকট্রনিক্সের আসল জন্ম। এলমার হার্বিনের রেডিওর জন্য ডিটেকটরের খুব প্রয়োজন ছিল। এই টিউব সে জ্ঞান প্রদান করে। এতে দুইটি ইলেকট্রনিক ছিল বলে এর নাম ডায়োড।

এর দুই বছর পর আমেরিকার ল্য ক্রস্ট ট্রায়োড নামে আর একটি ভ্যানক্ল্যাম টিউব আবিষ্কার করেন। এতে তিনটি ইলেকট্রনিক ছিল তাই এর নাম দেওয়া হয় ট্রায়োড। এর মধ্যে অ্যানোড ও ক্যাথোড যুক্ত। তৃতীয় একটি ইলেকট্রনিক ছিল আর নাম দেওয়া হয় গ্রিড। গ্রিড অ্যানোড থেকে ক্যাথোডে তড়িৎপ্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করে। এটা বিদ্যকর যে ট্রায়োড অ্যান্ড্রোলার হিসেবে কাজ করতে পারে। সুতরাং যোগাযোগের ক্ষেত্রে বিকাশে ট্রায়োড পুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।



(ডায়োড ও ট্রায়োডের চিত্র)

ডায়োড ও ট্রায়োড ভালভের আকর অনেক বড় হওয়ায় বিভিন্ন ইলেকট্রনিক ডিভাইসে স্থাপন করতে সমস্যা দেখা দেয়। এর জন্য পছির স্বয় বেশি, এটা নির্ভরযোগ্যতা কম এবং একে ঠান্ডা রাখার জন্য অধিক শীতলীকরণ যতকথা থাকা প্রয়োজন। বিজ্ঞানীরা তাই এর বিকল্প হিসেবে কোনো অর্ধপরিবাহী ডিভাইস খুঁজছিলেন। পরবর্তীতে জার্মা p-n

জাংশন ডায়োড আবিষ্কার করেন। এর পর দীর্ঘ পরীক্ষা নিষ্কিষ্কার পর তারা n - p - n ট্রানজিস্টর আবিষ্কার করতে সক্ষম হন। ট্রানজিস্টর অ্যাক্টিফায়ার বা বিবর্ধক হিসাবে কাম করতে পারে।

অনেকগুলো ইলেকট্রনিক উপাংশকে একটি একক মালারবোর্ডে সজ্জাবদ্ধ করতে সমস্যা দেখা দেয়। কোনো কোনো ক্ষেত্রে সম্ভবও হয় না। তাই আবিষ্কৃত হয় সমন্বিত বর্তনী বা আইসি। আইসি হলো সিলিকনের যতো অর্ধপরিবাহী ব্যবহার করে তৈরি এমন একটি নির্মাল যাতে আমাদের আঙ্গুলের নখের সমান জায়গায় লক্ষ লক্ষ অণুতীক্ষণিক তড়িৎবর্তনী অঙ্গীভূত থাকে। ১৯৬০ সালে এর আবিষ্কারের পর থেকেই আইসি চিপসের ডিজাইনে বিপ্লব ঘটতে থাকে।

১৩.৭ এনালগ ও ডিজিটাল ইলেকট্রনিক্স

Analogue and digital electronics

এনালগ সংকেত : যেসব ঘটনার মান নিরবচ্ছিন্নভাবে পরিবর্তিত হয় তাদের কণা হয় এনালগ। শব্দ, আলো, তাপমাত্রা ও চাপের মান কোনো নির্দিষ্ট পরিসরের মধ্যে যেকোনো মান হতে পারে। এনালগ উপাত্ত নিরবচ্ছিন্নভাবে প্রেরিত হয়। টেলিফোন, রেডিও, টিভি সম্প্রচার ও কেবল টিভি সাধারণত এনালগ ডেটা বা উপাত্ত প্রেরণ করে থাকে।

সূত্রাং এনালগ সংকেত হলো নিরবচ্ছিন্নভাবে পরিবর্তনশীল ভোল্টেজ বা কারেন্ট। এই ভোল্টেজ বা কারেন্ট স্যারবিকভাবে পরিবর্তিত হয় এবং নিম্নতম থেকে উচ্চতম মানের মধ্যে যেকোনো মান গ্রহণ করতে পারে। এনালগ সংকেতের আনলে একটি সইল তরঙ্গ। অতিষ্ঠ ও তিতিত ভোল্টেজ হলো এনালগ সংকেতের উপাধরণ।



চিত্র ১৩.১: এনালগ সংকেত



চিত্র ১৩.২: ডিজিটাল সংকেত

ডিজিটাল সংকেত : সাধারণভাবে ডিজিট ক্যাটির অর্থ সংখ্যা। ডিজিটাল ক্যাটি এসেছে 'ডিজিট' বা সংখ্যা ক্যাটি থেকে। ডিজিটাল সংকেত কলতে সেই যোগাযোগ সংকেত বোঝায় যা শুধু কিছু নির্দিষ্ট মান গ্রহণ করতে পারে। এরা ছিন্নস্থিত মানে পরিবর্তিত হতে পারে এদের প্রত্যেককে পৃথকভাবে চেনা যায়। এ ব্যবস্থার বাইনারি কোড অর্থাৎ ০ ও ১ এর সাহায্য নিয়ে যেকোনো ভাষা, সংখ্যা, অক্ষর, বিশেষ সংকেত ইত্যাদি বোঝানো এবং প্রেরিত হয়। এই সংকেত ব্যবস্থায় 'অন' অবস্থার মান ১ এবং 'অফ' অবস্থার মান ০।



চিত্র : ১৩.৩ এনালগ সংকেতকে ডিজিটাল সংকেতে রূপান্তর

কম্পিউটার যেকোনো উপাত্ত (ডেটা) সজ্জাকণ, প্রক্রিয়াকরণ এবং প্রেরণ করে থাকে ডিজিটাল ডেটা হিসেবে। যেহেতম এর সাহায্যে এনালগ ডেটাকে ডিজিটাল এবং ডিজিটাল ডেটাকে এনালগ ডেটার রূপান্তরিত করা যায়। এনালগ যুক্তিতে বড়ির কাটা অস্ত্রিত ঘুরে সময় দেয়, আর ডিজিটাল যুক্তিতে এক বিশিষ্ট পরপর সংখ্যা পরিবর্তিত হয়ে সময় দেয়।

এনালগ ও ডিজিটাল সার্কিটের সুবিধা ও অসুবিধা

এনালগ ও ডিজিটাল সার্কিটের মধ্যে কোনোটি উত্তম তা কিনাটি বিবর দিয়ে বিচার করা যায়। এগুলো হলো সার্কিটের পূর্ণগত মান, প্রক্রিয়া চালানোর জন্য প্রয়োজনীয় যন্ত্রবসনাদি ও সময় বা ব্যয়।

অধিক দূরত্বে সার্কিট প্রেরণের জন্য ডিজিটাল সার্কিট উত্তম। কারণ দূরত্বে বেশি হলে এনালগ সার্কিটের ক্ষমতা ধীরে ধীরে কমেতে থাকে। একে ইটিয়ে রাখতে পুনর্বিবর্ন করতে হয়। কিন্তু এতে অনেক বেড়ে যায় কলে সার্কিটের মান ট্রেন পায় বা সার্কিট বিকৃত হয় এবং এক সময় হারিয়েও যেতে পারে।। কিন্তু ডিজিটাল সিগন্যাল বেতে বেতে বিবর্তিত হয়। কলে সার্কিট একই রকম থাকে। অসুবিধা কইবার দ্বারা সার্কিট প্রেরণে ডিজিটাল সার্কিট ব্যবহার করা হয়। কারণ সর্বশেষ সার্কিটটিরও উত্তম পূর্ণগত মান বজায় থাকে। এছাড়া প্রতি সেকেন্ডে অনেক বেশি সার্কিট প্রেরণ করা যায়। এনালগ ডিভাইসের চেয়ে ডিজিটাল ডিভাইস ব্যয়বহুল হলেও ডিজিটাল সার্কিটের কোর সর্বশেষে ব্যয় কম। এনালগ ডিভাইসে ক্রপ কানেকশন হতে পারে, ডিজিটালে তা হয় না।

১৩.৮ অর্ধপরিবাহী ও সমন্বিত বর্তনী

Semiconductor and integrated circuits

অর্ধপরিবাহী: কিছু কিছু পদার্থ (যেমন সিলিকন ও জার্মেনিয়াম) আছে যেগুলো সুপরিবাহী নয়, অস্পষ্টরকম নয়। এদের কথা হয় অর্ধপরিবাহী। কিন্তু অর্ধপরিবাহী স্বীকৃত অবস্থার অস্পষ্টরকম মতো কান করে এবং সাংলমিক কথ আশাচারে খুঁ সন্ধান পরিবাহী। কিন্তু কিছু সিলিক অন্য পদার্থ এর সাথে যোগ করে এর পরিবাহিতা বৃদ্ধানো হয়। কোন পদার্থ যোগ করা হয়েছে তার ডিভিডে অর্ধপরিবাহীকে n - টাইপ ও p - টাইপ হিসেবে তপ করা হয়। সিলিকনের সাথে ফসফরাস যোগ করে তৈরি অর্ধপরিবাহী হলো n - টাইপ অর্ধপরিবাহীর একটি উদাহরণ। ফসফরাস পরমাণুর উপস্থিতি এতে ণ্যাত্মক ইলেকট্রনের সংখ্য বৃদ্ধি করে বা পদার্থের মধ্যে মুক্তভাবে চলাচল করতে পারে।

সিলিকনের সাথে বোরন যোগ করে তৈরি অর্ধপরিবাহী হলো p - টাইপ অর্ধপরিবাহীর একটি উদাহরণ। বোরন পরমাণু ইলেকট্রন কাঠামোর মধ্যে ণ্যক বা বনাত্মক ছোপ তৈরি করে। ইলেকট্রন এক ছোপ থেকে অন্য ছোপে লুকিয়ে লুকিয়ে পদার্থের মধ্যে চলাচল করে।



চিত্র ১৩.৪: ডায়োড ও এর প্রতীক চিহ্ন

যদি p - টাইপ পদার্থের সাথে n - টাইপ অর্ধপরিবাহীর যোজ্জা লাগানো হয় তাহলে একটি ত্বতি প্রয়োজনীয় ডিভাইস তৈরি হয় যাকে p - n জংশন ডায়োড বলে। এটি ব্রেকটকায়ার বা একমুখিকারক হিসাবে কান করে।

ডায়োড তত্ত্বপ্রবাহকে একমুখি করে অর্থাৎ ডায়োড দিক পরিবর্তী তত্ত্বপ্রবাহ (এসি) কে একমুখি তত্ত্বপ্রবাহে (ডিসি) রূপান্তরিত করে।

বিভিন্ন কান্ডে তত্ত্বপ্রবাহ ও মোটের বিবর্নের প্রয়োজন হয়। এ কান্ডটি বে ডিভাইস দিয়ে করা হয় তার নাম ত্র্যাপ্তিকায়ার। ট্রানজিস্টর হলো একটি ডিভাইস যা ত্র্যাপ্তিকায়ার ও উত ত্বতি সুইচ হিসেবে কান করে। সুইচ n - টাইপ অর্ধপরিবাহীর যাকে একটি p - টাইপ অর্ধপরিবাহী স্যাকুইটের মতো যোজ্জা লাগিয়ে ট্রানজিস্টর তৈরি করা হয়। এর ডিভিট সারকে কান হয় সক্রিয়ক (collector), ভূমি (base) ও নিরস্রক



চিত্র ১৩.৫: ট্রানজিস্টর ও এর প্রতীক চিহ্ন

(emitter)। n -টাইপ অকল হলো ট্রানজিস্টরের সম্ভাবক ও নিঃসারক এবং সমুদ্র p -টাইপ অকল হলো বৃষি।

একইভাবে বৃষি p -টাইপ ও একটি n -টাইপ অর্ধপরিবাহী ব্যবহার করে ট্রানজিস্টর তৈরি করা যায়। যার p -টাইপ অকল হলো সম্ভাবক ও নিঃসারক এবং সমুদ্র n -টাইপ অকল হলো বৃষি।

তড়িৎপ্রবাহ বিবর্তনের আগে ট্রানজিস্টর ব্যবহার করা হয়।

সমৃষিত বর্তনী: সমৃষিত বর্তনী বা ইন্টিগ্রেটেড সার্কিট আইসি (IC) নামে বেশি পরিচিত। কম্পিউটার, মোবাইলফোন থেকে শুরু করে মাইক্রোভলভেন পর্যন্ত যত স্ককম কৈদুতিক যন্ত্রপাতি বর্তমানে আমরা দেখি তার অধিকাংশপুণোতেই আইসির ব্যবহার দেখা যায়। আইসি হলো সিলিকনের মতো অর্ধপরিবাহী ব্যবহার করে তৈরি এমন একটি নির্মাণ যাতে আমাদের বাহুরের নবের সমান জারণের স্ক স্ক বায়ুইকনিক তড়িৎবর্তনী সত্ত্বুর বা অঙ্গীভূত থাকে। ১৯৬০ সালে এর আবিষ্কারের পর থেকেই আইসি চিপসের ডিভাইসে বিস্তার ঘটেছে থাকে। প্রথম সিকে আইসি চিপসে শুরুর করে স্ক স্ক বর্তনী উপাংশ অঙ্গীভূত ছিল। ১৯৭০ সালের মধ্যে এই সল্যা বেড়ে হাজারে পৌছায়। ঐ সময় আইসি শুরুর কম্পিউটার ও পৃকট ক্যালকুলেটরে ব্যবহৃত হত। বর্তমানে একটি একক আইসি চিপ স্ক স্ক উপাংশ ধারণ করতে পারে বা বহু জটিল ডিভাইস বা যন্ত্র চলাতে ব্যবহৃত হয়। বিখ্যাত ইন্টেল চিপ এরকম একটি উদাহরণ। যন্ত্রের ব্যাপার হলো বছরের পর বছর চিপসে উপাংশের সল্যা বত বেড়েছে চিপসের আকার তত ছোট হয়ে এসেছে এক ডিভাইসের মান হয়েছে তত উন্নত।

আইসি চিপস যদি আবিষ্কৃত এক এতাবের বিকশিত না হত তাহলে আমরা মোবাইলফোন, ইন্টারনেট, এমপি৩ প্রায়র ও আরও অনেক সৃজনশীল ডিভাইস পেতাম না। বায়ুশিক আইসি চিপ বিস্তার এসেছে, সিরেছে অনেক সুরোপসুখিা ও অরাম আরে।

১০.৯ মাইক্রোফোন ও সীকার

Microphone and speaker

মাইক্রোফোনকে চাকি স্পার মাইক বলে। কোনো বত সত্য বা অনুভূানে করা যে ইলেকট্রনিক ডিভাইসের সাধনে পিড়িয়ে কথা বলেন তাকে কথা হয় মাইক্রোফোন বা মাইক। মাইক্রোফোন শব্দকে তড়িৎ সল্যেতে হুগান্তর করে। প্রোতা এই কথা সার্কিট সীকারের মাধ্যমে জোরে শুনতে পান। অরাম সীকার মাইক্রোফোনের তড়িৎ সল্যেতকে শব্দে পরিবর্তিত করে। ভোম্বাসের স্প্রুসর বিভিন্ন অনুভূানে মাইক্রোফোন ও সীকারের ব্যবহার ভোম্বা দেখে থাকবে। ট্রোজেরকার, ডিসিয়ার ইত্যাদিতে মাইক্রোফোন ও সীকার সূটোই থাকে।

মাইক্রোফোন ও এর কার্যক্রম : আমরা শাপেই বশেছি যে, মাইক্রোফোন হলো এমন একটি ডিভাইস যা শব্দরসরতাকে তড়িৎসল্যেতে তরঙ্গ বা সল্যেতে পরিবর্তিত করে। তড়িৎসল্যেতে তরঙ্গের কম্পক ও অংশকিক বিস্তার শব্দ তরঙ্গের মতই থাকে। মাইক্রোফোনের মধ্যে একটি চসকুতী ও ডায়ফ্রাম নামে বাতুর একটি পাঠা পত থাকে। যখন মাইক্রোফোনে কোট কথা বলে তখন শব্দ তরঙ্গ যারা এ ডায়ফ্রাম কম্পিত হয়। ডায়ফ্রাম হলো মাইক্রোফোনের সে মণ বা শব্দের কম্পনকে তড়িৎে হুগান্তরের জন্য ডিভাইন করা থাকে। বিভিন্ন রকমের শব্দের কম্পন ডায়ফ্রামকে বিভিন্নভাবে কম্পিত করে। এই কম্পন ট্রোম্বকক্রেজের মধ্যে অঙ্গপচাৎ পতিশীল করে। ফলে চসকুতীতে পর্জাবৃত তড়িৎপ্রবাহ অবিকি করে। মাইক্রোফোন এতাবেই শব্দ শক্তিকে তড়িৎশক্তিকে হুগান্তরিত করে। একে কথা হয় অতিও সল্যেত।



চিত্র ১০.৬ : মাইক্রোফোন

এ তড়িৎচুম্বিক সত্ৰকতবে বিতৰ্জিত করে টেলিফোন লাইন বা রেডিওর মাধ্যমে অনেক দূরে পঠানো যায়। সুতরাং টিভি এবং রেডিও সম্প্রচার, রেজির্টিং ও টেলিফোনের ক্ষেত্রে মাইক্রোকোন অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।

সীকার (Speaker) : সীকার মাইক্রোকোনের রিক বিপরীত কৰ্মাটি করে। সীকার মাইক্রোকোনের তড়িৎ সত্ৰকতবে অনুরূপ শব্দে রূপান্তরিত করে।

সীকারের কার্যক্রম : অধিকাংশ সাইক্লোনীকার হলো তরঙ্গকণ্টী সাইক্লোনীকার। এতে থাকে—



চিত্র : ১৩.৭ সীকারের বাহ্যিক রূপ

১. ফেনাকুটির একটি স্থায়ী চুম্বক বা একটি পট্টিশাটী চৌম্বকক্ষেত্র তৈরি করে।

২. একটি মোট কয়েল বা তরঙ্গকণ্টী ঝুলানো থাকে। এই তরঙ্গকণ্টী চৌম্বকক্ষেত্র মধ্যে মূলভাবে অরপচাং সুলভে পায়ে।

৩. তরঙ্গকণ্টীর সাথে শব্দ বাত্বির কাগজ (a paper cone) লাগানো থাকে।

যখন শব্দ থেকে তৈরি পরিবর্তন তড়িৎপ্রবাহ এ তরঙ্গকণ্টী দিয়ে প্রবাহিত হয়, তখন তরঙ্গকণ্টীটি অরপচাং বাতরা খালা করে। এতে কাগজের শব্দটি কশিত হয়। ফলে শব্দের সৃষ্টি হয়।

১৩.১০ তথ্য ও বোগাযোগ প্রযুক্তি

Information and communication technology

তথ্য ও বোগাযোগ প্রযুক্তি এখন খুবই পরিচিত ও জনপ্রিয় বিষয়। আমাদের সৈন্যসিন জীবনের সাধারণ কাজ থেকে শুরু করে পেপারজ জীবনের অনেক গুরুত্বপূর্ণ কাজ তথ্য ও বোগাযোগ প্রযুক্তি ব্যবহার করে সম্বন্ধেই করতে পারি। বিশ্বে এক এককিল শতকের ধারতে মানুষের কার্যক্রমকে সবচেয়ে বেশি প্রভাবিত করেছে বোগাযোগ। উদাহরণ শতকে টেলিফোন ও টেলিগ্রাফের বিকাশ উন্নয়নে মানুষের বোগাযোগ কমতা আরও একধাপ এগিয়ে গেছে। বিশ্বে শতকে বোগাযোগের বিশ্বব্লে এসেছে রেডিও, টেলিভিশন, সেলফোন, ক্যান মেলিন। এখন বাকল্কার পর বোগাযোগের ক্ষেত্রে সবচেয়ে বেশি অবদান রেখেছে কম্পিউটার ও ইন্টারনেট।

রেডিও : রেডিও বিনোদন ও বোগাযোগের একটি ব্যাপক ও গুরুত্বপূর্ণ মাধ্যম। রেডিওতে আধারা ধ্বজা, গান বাজনা, নাটক, আশোচনা বিতর্ক এবং গণ্যের বিজ্ঞাপন মুনতে পাই। সেলফোনে ও গুলি-বাহিনীতে তথ্য আদান প্রদানের অন্য রেডিও ব্যবহার করা হয়। মোবাইল বা সেলুলার টেলিফোন বোগাযোগে রেডিও ব্যবহৃত হয়। রেডিও আবিস্কারে মেনে বিজ্ঞানী অবদান রেখেছেন, তারা হলেন ইতালির গুলিপ্রেশমো মার্কনি ও বালারদেশের বিজ্ঞানজ্ঞের স্যার কপলীল চন্দ্র কনু।

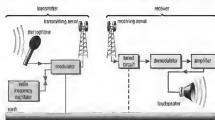


চিত্র : ১৩.৮ রেডিও

রেডিওতে আমরা শব্দ মুনতে পাই। এ শব্দ কীভাবে রেডিও হয় এক কীভাবেই বা আমরা মুনতে পাই? কোনো কোনো সম্প্রচার স্টেশনের সৃষ্টিগতে কোনো ব্যক্তি মাইক্রোকোনের সাহায্যে কথা বলেন। মাইক্রোকোন ঐ শব্দকে তড়িৎচুম্বিক রূপান্তরিত করে। এ তরঙ্গের নাম অডিও সত্ৰকত। এ সত্ৰকতের কম্পঙ্ক বা শক্তি খুবই কম, ২০ হার্স

থেকে ২০০০০ হার্ড। এ তরঙ্গ বেশি দূর যেতে পারে না। ভব্য বহনকারী কম কম্পাঙ্কের এ তরঙ্গকে তাই এক প্রকার উচ্চ কম্পাঙ্কবিশিষ্ট তড়িতচৌম্বক তরঙ্গের সাথে মিশ্রিত করা হয়। উচ্চ কম্পাঙ্কবিশিষ্ট এই তরঙ্গকে বাহক তরঙ্গ বলে। মিশ্রিত তরঙ্গকে কী হয় মডুলেটেড বা বৃণারোপিত তরঙ্গ। এ দুই তরঙ্গের মিশ্রণের প্রক্রিয়াকে কী হয় মডুলেশন। বৃণারোপিত তরঙ্গকে বেতার তরঙ্গও কী হয়। বেতার তরঙ্গকে অ্যান্ট্রিকায়ারে বিকীরিত করে স্ট্রেক বস্কেজর এন্টেনার সাহায্যে তড়িতচৌম্বক তরঙ্গ হিসেবে শূন্যে (Space) প্রেরণ করা হয়। এ বেতার তরঙ্গ শূন্যে ছড়িয়ে পড়ে এবং ভূমি তরঙ্গ (Ground wave) ও আকাশ তরঙ্গ (Sky wave) নামে দুই ধরনের তরঙ্গে ভাগ হয়। ভূমি তরঙ্গ সরাসরি গ্রাহক বস্কেজর এরিয়েলে পৌঁছায়। আমাদের ঘরে যে রেডিও সেটিং থাকে তাহলে গ্রাহকবস্কেজর। আকাশতরঙ্গ আরম্ভমর্মে প্রতিফলিত হয়ে পৃথিবীতে ফিরে আসে এবং গ্রাহকবস্কেজর এরিয়েলে ধরা পড়ে।

গ্রাহকবস্কেজর বেতার তরঙ্গকে গ্রহণ করে একে তড়িতপ্রবাহে বৃণান্তরিত করে। প্রোগ্রাম ডি-মডুলেশন বা বিবৃণারোপ প্রক্রিয়ার বহকতরঙ্গ হতে শব্দ আলাদা করে নেওয়া হয়। অতঃপর অ্যান্ট্রিকায়ারের সাহায্যে তড়িতপ্রবাহকে বিকীরিত করে এবং লাউডস্পীকারে প্রেরণ করে। লাউড সীকার তড়িতপ্রবাহকে পুনরায় শব্দে বৃণান্তরিত করে। এ শব্দ আমরা শুনতে পাই।



চিত্র ১০.১: রেডিও সম্প্রচার ও গ্রহণ প্রক্রিয়া

সুতরাং, রেডিওতে স্ট্রেক বস্কেজর থেকে শব্দ প্রেরণ করা হয় না। শব্দতরঙ্গকে তড়িতচৌম্বক তরঙ্গে বৃণান্তরিত করে পাঠানো হয়, গ্রাহকবস্কেজর বেতার তরঙ্গ গ্রহণ করে লাউড স্পীকার একে শব্দে বৃণান্তরিত করে।

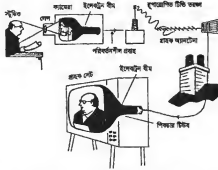
টেলিভিশন: টেলিভিশন হলো এমন একটি বস্কেজর যার সাহায্যে আমরা দূরবর্তী কোনো স্থান থেকে শব্দ শোনার সঙ্গে ছবির টেলিভিশনের পরিণ পেরতে পাই।



চিত্র ১০.১০ : টেলিভিশন

শমি বোরস্ট ১৯২৬ সালে টেলিভিশনে চিত্র প্রেরণে সক্ষম হন। সেদিনকার চিঠি শিরী ছিল একটি কথা কী পুতুল।

টেলিভিশন কী করে কাজ করে : আমরা জানি, টেলিভিশনে ছবি দেখার সাথে সাথে শব্দও শোনা যায়। টেলিভিশনে শব্দ ও ছবি প্রেরণের জন্য প্রেরক স্টেশনে থাকে পৃথক পৃথক প্রেরক যন্ত্র, যার সাহায্যে তড়িতচৌম্বক তরঙ্গদ্বারা শব্দ ও ছবি প্রেরণ করা হয়।



চিত্র ১৩.১০ : টেলিভিশন সম্প্রচার প্রক্রিয়া

একটি প্রেরক যন্ত্রের সাহায্যে ছবিকে তড়িৎ সত্বকতে রূপান্তরিত করে প্রেরণ করা হয়। অন্য একটি প্রেরক যন্ত্রের সাহায্যে ছবিকে তড়িৎসত্বকতে রূপান্তরিত করে তা তড়িতচৌম্বক তরঙ্গ হিসেবে প্রেরণ করা হয়। প্রথমে ছবি প্রেরণ ও গ্রহণের কথাই ক্যা যাক। যে ছবি বা দৃশ্য প্রেরণ করতে হবে তা টেলিভিশন ক্যামেরা তড়িৎ সত্বকতে রূপান্তরিত করে। এ সত্বকতকে মডুলেশন প্রক্রিয়ায় উচ্চ কম্পাঙ্কের বাহক তরঙ্গের সাথে মিশ্রিত করা হয়। পরে এন্টেনার সাহায্যে তড়িতচৌম্বক বেতার তরঙ্গ হিসেবে প্রেরণ করা হয়।

এন্টেনার সাহায্যে টিভি সেট ছবির জন্য প্রেরিত তড়িতচৌম্বক বাহক তরঙ্গ গ্রহণ করে। রেকটিফায়ার বাহক তরঙ্গ থেকে তিভিও তড়িৎ সত্বকতকে পৃথক করে। বিবর্তকের সাহায্যে এ তড়িৎ সত্বকতকে বিবর্তিত করা হয় এক ইলেকট্রনগানে তা প্রদান করা হয়। টিভির শিকার টিউবের পিছনের গ্রাস্টে ইলেকট্রন গান সঞ্চার থাকে। তিভিও সত্বকত গ্রহণের পর ইলেকট্রনগান সুইয়ের ন্যায় সলু ইলেকট্রন বীম উড়তে থাকে। টিভির পর্দার প্রতিফলিত ফসফরে ইলেকট্রন গান থেকে যখন ইলেকট্রন বীম এসে পড়ে তখন এতে আলোক বলকের সৃষ্টি হয়। এ উজ্জ্বল ও অনুজ্জ্বল আলোক বিস্মর সমন্বয়েই টিভির পর্দায় উজ্জ্বল ও অনুজ্জ্বল আলোক বিন্দু ও বলকের সৃষ্টি হয়। এ উজ্জ্বল ও অনুজ্জ্বল আলোকবিন্দুর সমন্বয়েই টিভির পর্দায় স্টেট উঠে ক্যামেরা থেকে পাঠানো ছবি। টেলিভিশনের পর্দার উপর প্রতি সেকেন্ডে ২৫টি খির চিত্র গঠন করে যা আমাদের চোখ চলমান ছবি হিসেবে দেখে।

শব্দ প্রেরণ ও গ্রহণ

টেলিভিশনে যে চিত্র প্রেরণ করা হবে তার সাথে সংশ্লিষ্ট শব্দকেও মাইক্রোফোনের সাহায্যে তড়িত সত্বকতে রূপান্তরিত করা হয়। এ তড়িৎ তরঙ্গকে বাহকতরঙ্গ নামক এক প্রকার উচ্চ কম্পাঙ্কবিশিষ্ট তড়িতচৌম্বক তরঙ্গের সাথে মিশ্রিত করা হয় এক প্রেরক যন্ত্রের সাহায্যে প্রেরণ করা হয়।

আমরা বাড়িতে যে টেলিভিশন সেট ব্যবহার করি তাতে শব্দ ও ছবি সত্বকত গ্রহণের জন্য পৃথক ব্যবস্থা থাকে। প্রেরক যন্ত্র কর্তৃক প্রেরিত তড়িতচৌম্বক তরঙ্গ আমাদের টিভি সেটের এন্টেনায় আসে এক তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি করে। এ তড়িৎপ্রবাহ তারের মাধ্যমে টেলিভিশন সেটের গ্রাহকযন্ত্রে যায়। টেলিভিশন সেটের শব্দ গ্রহণকারী গ্রাহকযন্ত্র এ

তড়িৎ সত্বেত গ্রহণ করে বিকিরিত করে। পরে একে শাউভসীলনে প্রেরণ করে। শাউভসীলন এ তড়িৎ সত্বেতকে মূল শব্দে বৃণ্ডান্তরিত করে। এ শব্দ আমরা শুনতে পাই।

মোটামুটিভাবে এ হলো সাধুকালো টেলিভিশনের কার্যপ্রণালি।

রত্নিন টেলিভিশন: রত্নিন ও শাউভসীলন টেলিভিশনের মূল কর্মনীতিতে ভেদন কোনো পার্থক্য নেই। রত্নিন টেলিভিশন ক্যামেরার তিনটি বৈশিষ্ট্য হল, লাল, নীলমণী এবং সবুজ—এর জন্য তিনটি পৃথক ইলেকট্রনগান থাকে। রত্নিন টেলিভিশন গ্রহণ কালে তিনটি ইলেকট্রন গান থাকে। রত্নিন টেলিভিশনের পর্দা তৈরি হয় তিন রকম কসকর দ্বারা গিয়ে। একটি বিশেষ রং শূন্য তার বিশেষ রঙের কসকর দ্বারা গুলিয়ে আবেশিত করে। কসে টেলিভিশন চিত্রের পর্দায় একই সাথে ছুটে উঠে লাল, নীলমণী ও সবুজ রঙের কিন্তু এক এদের বিভিন্ন রকম মিশ্রণে টেলিভিশনের পর্দায় ছুটে উঠে বিভিন্ন রত্নিন ছবি।

টেলিফোন

মুখিক: টেলিফোন হলো বিদ্যুর সর্বস্বত্ব, সবচেয়ে স্থূল ব্যবহৃত ও জনপ্রিয় এক জটিল যোগাযোগ মাধ্যম। যেকোনো দেশে কলকার্তা কর, স্বর্গা, কলকার্তা গুলো, কম্পিউটার যোগাযোগ, ইমেইল আদ্যনপ্রদন ইত্যাদি দেখে এটি ব্যবহৃত হয়।

আলেকজান্ডার গ্রাহাম বেল (Alexander Graham Bell) ১৮৭৫ সালে টেলিফোন আবিষ্কার করেন। বহু মিসরের মধ্য দিয়ে গ্রাহাম বেলের আবিষ্কৃত টেলিফোন আজকের আধুনিক টেলিফোনে এসে পৌঁছেছে, তৈরি হয়েছে কলসে, সেলুলার, মোবাইল ইত্যাদি নামের টেলিফোন।

টেলিফোন কীভাবে কল করে

প্রতি টেলিফোন সেটেই সত্বেত গ্রহণ ও প্রেরণের ব্যবস্থা থাকে। টেলিফোনে যান্ত্রিকসের মাউন সিলটি হলো মাইক্রোফোন, এটি হলো প্রেরক এবং ইয়ারপিপটি হলো সীকক, এটি হলো গ্রহক। টেলিফোন সেটে থাকে রিং রিং ছটা বায়রের একটি রিলার ও একটি ডায়ালিং ব্যবস্থা। আমরা কখন কখন যদি মাইফিসের মাইক্রোফোনটি কঠিনর পদ তরলকে তড়িৎ সত্বেত বৃণ্ডান্তরিত করে। এ সত্বেত টেলিফোনের তার দিয়ে অন্য টেলিফোনে ইয়ারপিসে যায়। ইয়ারপিসের সীকক তড়িৎ সত্বেতকে শব্দে বৃণ্ডান্তরিত করে, কল গ্রহক বা প্রোতা শব্দ শুনতে পান এক কলার জবাব দেন। এ জবাব প্রোতার টেলিফোন সেটের মাইফিসের মাইক্রোফোনের সাহায্যে তড়িৎ সত্বেত পরিণত হয়ে প্রেরকের টেলিফোনে বিদ্যুত আসে এবং প্রেরকের ইয়ারপিসের সীককে শব্দে পরিণত হয়, প্রেরক তখন গ্রহকের কল শুনতে পায়। টেলিফোনের ভিত্তি তড়িৎ সত্বেত এক দূরত্ব সঞ্চালিত হয় যে, এতে কোনো বিশেষ ছাটে না। প্রতিটি টেলিফোন সেট এর আঞ্চলিক প্রধান অফিসের সাথে তারের মাধ্যমে লভ্তর থাকে। আঞ্চলিক প্রধান অফিসের মাধ্যমে অন্য টেলিফোনের সাথে যোগাযোগ ছাটে।

সেল কোল বা মোবাইল কোল: মোবাইল কোল বা মুঠোফোন কর্মমানে সবচেয়ে বেশি ব্যবহৃত ও জনপ্রিয় যোগাযোগ মাধ্যম। শূন্য যোগাযোগ বহু, এই কোলে কোমরা সেইম বেগতে পায়, মিউজিক ডাউনলোড করতে পায়, গান শুনতে পায়, সিনেমা দেখতে পায় এক ইন্টারনেট ব্যবহার করতে পায়।

এছাড়া এ কোলে ক্যাম পেপেট, ফ্লি পড়িশা, ব্যারপেপেট প্রাইন এক কলম বা বিকিরণের তড়িৎ দ্বারা কল করতে পায়। এ কোলের সাহায্যে দেশের কোমরা প্রস্তুত থেকে অন্য কোমরা গ্রহক যোগাযোগ করা যায়।



চিত্র : ১০.১১: লাল ও মোবাইল টেলিফোন



চিত্র : ১০.১২: শাউভসীলনের কার্যপ্রণালী

মোবাইলে কল করা ও কল রিসিভ করা

এ কোন কিস্তি গ্রহণ অফিস বা অন্য কোনো সাহেবের সাথে তার দিয়ে সন্তুষ্ট থাকে না। এ ধরনের কোন তারের পরিবর্তে রেডিও বা বেতারের সাহায্যে কলবার্তা বা ভাষা প্রেরণ ও গ্রহণ করে থাকে। মোবাইল কোনে টেলিফোন নেটওয়ার্কের সাথে সংযোগ হলে এক মোবাইল সেটের কীবোর্ড থেকে অন্য মোবাইলে ডায়াল করার মাধ্যমে। যখন তুমি কোনো মোবাইল থেকে কোন কল তুমি যেখানেই থাক না কেন কলটি বেতার তরঙ্গ হিসেবে কোনো প্রেরক গ্রাহক টার্মিনালে যায়।



চিত্র ১৩.১৩: মোবাইল নেটওয়ার্ক

এরপর কলটি তার বা মাইক্রোওয়েভের মাধ্যমে মোবাইল সুইচ স্টেশনে যায়। এ স্টেশন কলটিকে স্থানীয় টেলিফোন এক্সচেঞ্জে পাঠায়। সেখানে এটি প্রচলিত কোন কল হয়ে গ্রাহকের নিকট পৌঁছায়। বর্তমানে প্রচলিত অবিকাল মোবাইল কোন কাজ করে বেতার তরঙ্গ প্রেরণ এবং প্রচলিত টেলিফোন সার্কিট সুইচিং এর সমন্বয়ে।

ফ্যাক্স : ফ্যাক্সমিল এর সংক্ষিপ্ত নাম ফ্যাক্স। কোনো ডকুমেন্ট ছবির কপি করে পাঠাতে ফ্যাক্স ব্যবহার করা হয়।

ফ্যাক্স কী : ফ্যাক্স হলো এমন একটি ইলেকট্রনিক যন্ত্র যা মাধ্যমে যেকোনো ভাষা, ছবি, চিত্র, ভয়েসগ্রাম বা সেবা ছবির কপি করে প্রেরণ করা যায়। এ যন্ত্রের সাহায্যে যেকোনো মূল নকশা ছবির পুনরুৎপাদন করা হয়।

১৮৪২ সালে ফ্যাক্স মেশিন আবিষ্কৃত হলো রেডিও ফ্যাক্স এর যাত্রা শুরু হয় ১৯৩০ সালে। বিজ্ঞানী আলেকজান্ডার বেলিন ফ্যাক্স আবিষ্কার করেন।



চিত্র ১৩.১৪: ফ্যাক্স মেশিন ও এর কার্যক্রম

ফ্যাক্স কীভাবে কাজ করে : আধুনিক ফ্যাক্স মেশিন হলো একটি অতি উন্নত প্রযুক্তির তড়িৎ যান্ত্রিকীয় মেশিন। এখানে ইলেকট্রনিক উপায়ে মূল ডকুমেন্টকে স্ক্যানিং করা হয়। এরপর স্ক্যানকৃত সংকেতকে বাইনারি সংকেতে রূপান্তর করা হয়। এই সংকেত স্ট্যান্ডার্ড মোডেম কৌশল ব্যবহার করে টেলিফোনের মাধ্যমে প্রেরণ করা হয়। গ্রাহক ফ্যাক্স মেশিন

প্রেসিড ইলেকট্রনিক সত্বেক গ্রহণ করে মোডেমের সাহায্যে ডিমডুলেট করে মূল ডকুমেন্টে পরিণত করে। একটি প্রিন্টার এই মূল ডকুমেন্টকে ছবির মাধ্যমে প্রেরণ করে।

কম্পিউটার (Computer)

এ মূল তথ্য ও প্রযুক্তির যন্ত্র। তথ্য প্রযুক্তি ও যোগাযোগসহ জীবনের প্রতিটি ক্ষেত্রে কম্পিউটারের ব্যবহার এত বেশি যে এ যন্ত্রকে কম্পিউটারের যন্ত্রও বলা হয়। আমাদের দৈনন্দিন জীবনের কাছকাছের অনেক কিছুই কম্পিউটারের ব্যবহার দ্বারা প্রভাবিত হচ্ছে। বিজ্ঞান ও প্রযুক্তি বিষয়ে কম্পিউটার হয়ে উঠেছে অপরিহার্য। কম্পিউটার গাণিতিক হিসাব করতে পারে, গাণিতিক যুক্তি দিতে পারে। গাণিতিক হিসাব ছাড়াও কম্পিউটার কোনো কিছু পছন্দ করা বা নির্বচন করা, নকল করা, তুলনা করা, ধারাবাহিকভাবে সামান্যো ইত্যাদি বিভিন্ন কাজ করতে পারে। ব্যবসা, বাণিজ্য, প্রশাসন, শিক্ষা, শিল্প, চিকিৎসা, বোমাযোগ, প্রতিরক্ষা, বিনোদন প্রভৃতি ক্ষেত্রে কম্পিউটারের প্রয়োগ দিন দিন বেড়ে চলেছে।

কম্পিউটার কী

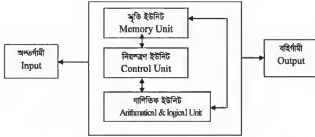
কম্পিউটার শব্দের অর্থ গণক বা হিসাবকারী। কম্পিউটার শুধু একটি হিসাবকারী যন্ত্রই নয়, আরো অনেক কিছু। কম্পিউটার হলো একটি ইলেকট্রনিক ডিভাইস যা উপাত্ত গ্রহণ, প্রক্রিয়াকরণ, স্থানান্তর, সঞ্চয় ও প্রেরণ করে। যে ধরনের কম্পিউটারই হোকনা কেন, প্রতিটি কম্পিউটার প্রোগ্রামকৃত নির্দেশ দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়, যা কম্পিউটারকে বলে দেয় তাকে কী করতে হবে।



চিত্র ১০.১৫ : কম্পিউটার

কম্পিউটারের গঠন

কম্পিউটার একটি উন্নত ইলেকট্রনিক ব্যবস্থা। কম্পিউটার তথ্য সংগ্রহ করে, সুনির্দিষ্ট নির্দেশ অনুযায়ী তথ্যকে প্রক্রিয়াকৃত করে এবং প্রয়োজনানুযায়ী ফলাফল উপস্থাপন করে। কম্পিউটার যেখানে তথ্য গ্রহণ করে তাকে বলা হয় আবেশিকা (Input) বা গ্রহণস্থল। এখানে কম্পিউটারের উপাত্ত প্রদান করা হয়। একটি যেসব ইনপুট ডিভাইস সাধারণত ব্যবহার করা হয় তারমধ্যে কীবোর্ড, মাউস টাচস্ক্রীন, স্ক্যানার, ডিজিটাল ক্যামেরা ও মাইক্রোফোন। যেখানে তথ্য প্রক্রিয়াকৃত করে তাকে বলা হয় সিপিইউ বা কেন্দ্রীয় প্রক্রিয়াকরণ ইউনিট (Central Processing Unit)। কেন্দ্রীয় প্রক্রিয়াকরণ ইউনিটে থাকে মূর্তি ইউনিট, নিয়ন্ত্রণ ইউনিট ও গাণিতিক যুক্তি ইউনিট। যে প্রাপ্ত থেকে ফলাফল পাওয়া যায় তাকে বলা হয় বহির্গামী (Output) বা নির্গত মূল। আউটপুট ডিভাইস হিসাবে প্রধানত থাকে মনিটর, স্পীকার ও প্রিন্টার। এদের মাধ্যমে প্রক্রিয়াকৃত ডেটা বা উপাত্ত আমরা পাই। নিচে কম্পিউটারের একটি মৌলিক কর্মসূচী দেওয়া হলো :



চিত্র : ১৩.১৬: কম্পিউটারের গঠন

যে সকল ভৌত ডিভাইস দিয়ে কম্পিউটার তৈরি তাদের বলা হয় হার্ডওয়্যার। যেমন—কীবোর্ড, মাউস, প্রসেসর, মনিটর, প্রিন্টার ইত্যাদি। সফটওয়্যার হলো কতগুলো নির্দেশনা যার ভিত্তিতে কম্পিউটার কাজ করে। এগুলোকে সাধারণত কম্পিউটার প্রোগ্রাম বলা হয়। প্রোগ্রামের উপর ভিত্তি করে কম্পিউটার প্রোগ্রামার প্রতিনিয়ত নানা ধরনের সফটওয়্যার তৈরি করছে। হার্ডওয়্যার হলো কম্পিউটারের লেখ এবং সফটওয়্যার হলো কম্পিউটারের প্রাণ।

এর কাজ করার দ্রুততা, তথ্য জমা করে রাখার ক্ষমতা, সঞ্চিতপূর্ণতা, নির্ভুলতা, রক্ষিতহীনতা ও সময়ক্রিয়তা জন্য কম্পিউটার অত্যন্ত প্রয়োজনীয় যন্ত্র হিসেবে বিবেচিত। কম্পিউটার দ্রুত কাজ করতে পারে, সেকেন্ডে হাজার হাজার, লক্ষ লক্ষ গাণিতিক হিসাব করতে পারে।

কম্পিউটারের ব্যবহার

আমাদের জীবনের বিভিন্ন ক্ষেত্রে কম্পিউটার ব্যবহৃত হচ্ছে। কম্পিউটার ব্যবহারের ক্ষেত্রগুলো হলো :

টিকিৎসা : রোগীর অ্যাপয়েন্টমেন্ট, পরিচয়, ঠিকানা, রোগের লক্ষণ, ইত্যাদি রেকর্ড করে রাখা, ঔষধ নির্বাচন, চোখ পরীক্ষা, এলজের বা অন্যান্য পরীক্ষা, হার্ট অপারেশন ও টিকিৎসা গবেষণায় কম্পিউটার ব্যবহৃত হয়।

বাকসা বণিজ্য : পণ্যের মজুদ নিয়ন্ত্রণ, ব্যবসায়িক যোগাযোগ, টিকেট বুকিং, ব্যাংকিং সিস্টেম, স্টোকসের বেতন, আয়-ব্যয়ের বাজেট ও হিসাব নিয়ন্ত্রণ ইত্যাদি ব্যবসায়িক কাজে কম্পিউটার ব্যবহৃত হয়।

বাতারায়ত ব্যবস্থা : বাহাজ, বিমান ও মোটরগাড়ি, ট্রেন ইত্যাদি যানবাহনের ট্রাফিক কন্ট্রোল, গতি নিয়ন্ত্রণ, টিকেট বুকিং ইত্যাদি কাজে কম্পিউটার ব্যবহৃত হয়। এছাড়া মহানুশাযান পাঠানো, নিয়ন্ত্রণ, চালনা ইত্যাদিতে কম্পিউটার ব্যবহৃত হচ্ছে।

শিল্প কারখানা : পণ্য উৎপাদনে স্যাবক্রিয় নিয়ন্ত্রণ, পণ্যের গুণগত মান যাচাই, তথ্য সংগ্রহ, কর্মচারীদের বেতন-ভাতা, কাজের সিডিওলের হিসাব ইত্যাদি কাজে কম্পিউটার ব্যবহৃত হচ্ছে। পরমাণবিক রিএক্টর চালনা বা এ ধরনের জটিল ও আধুনিক সব যন্ত্রের ব্যবহারে কম্পিউটার অপরিহার্য।

শিক্ষা : শ্রেণিককে শিক্ষণ, সশিখন, পরীক্ষার উত্তরপর মূল্যায়ন ও ফলাফল প্রকাশ ইত্যাদি কাজে কম্পিউটার ব্যবহৃত হয়।

প্রতিরক্ষা : সেনাবাহিনী পরিচালনা, বায়ুসেনার নিয়ন্ত্রণ, যোগাযোগ ইত্যাদি কাজে কম্পিউটার ব্যবহৃত হয়।

গবেষণা : বিভিন্ন গবেষণা কর্মে কম্পিউটারের ব্যবহার দিন দিন বৃদ্ধিছে।

মুদ্রণ : কম্পিউটারের ব্যবহার মুদ্রণ শিল্পে বিপ্লব এনেছে। মুদ্রণের জন্য কম্পোজ, ডিজাইন ইত্যাদি কাজে কম্পিউটার ব্যবহারের ফলে অস্বাভাবিক মুদ্রণ ব্যয় কমে এসেছে।

ইন্টারনেট ও ইমেইল (Internet and e-mail) : ইন্টারনেট ও ইমেইল এর নাম তোমরা শিচরই শুনছ। বারা শহরে বাস কর তাদের অনেকে বাসগর বা স্কুলে হযত ইন্টারনেট ব্যবহার করে ইমেইল পাঠিয়েছ। কিন্তু তোমরা বারা গ্রামে বাস কর তাদের অনেকে হযত ইমেইল ও ক্যামেরা সোকান থেকে আত্মীয়সজন বা কপুবাশবকে ইমেইল পাঠিয়েছ। ইমেইল বর্তমানে বহুল ব্যবহৃত ভাক মাধ্যম।

ইন্টারনেট কী ? ইন্টারনেট হলো ‘নেটওয়ার্কের নেটওয়ার্ক’ বা ‘সকল নেটওয়ার্কের জননী’। এটি একটি আন্তর্জাতিক নেটওয়ার্ক যা সংযুক্ত করেছে বিভিন্ন দেশের প্রায় ৪,০০,০০০ এর বেশি ছোট ছোট নেটওয়ার্ককে। ১৯৬৯ সালে আমেরিকান প্রতিরক্ষা বিভাগ ইন্টারনেট চালু করেছে। ইন্টারনেট হলো এমন এককল নেটওয়ার্ক যা অসংখ্য কম্পিউটার, মোডেম, টেলিফোন লাইন দিয়ে তৈরি। এসব উপাদান পরস্পরের সাথে তৌতভাবে সংযুক্ত। এ নেটওয়ার্ক পরস্পরের সাথে যেকোনো ভাষা বা উপাঙ্গ আদান প্রদানে সক্ষম। ইন্টারনেট অনেকগুলো নেটওয়ার্কের সমষ্টি এবং সকলে মিলে একটি একক নেটওয়ার্কের মতো কাজ করে।



চিত্র : ১০.১৭ ইন্টারনেট যোগানে কাজ করে

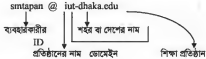
ইন্টারনেটের মাধ্যমে আমরা তরবে সাইট ব্রাউজিং করতে পারি, ইমেইল পাঠাতে এবং গ্রহণ করতে পারি ও ভিত্তিত কলকাত্রেনসিং করতে পারি। অজ্ঞাত দিতে পারি এবং পল্ল গুছব করতে পারি,ট্রেন, বাস বা গ্রেনের টিকিট বুকিং দিতে পারি এবং ইলেকট্রনিক কর্মার্স বা ব্যবসাবাণিজ্য, ইব্যাবিং ও শপিং করতে পারি। ইলেকট্রনিকভাবে যেকোনো কাইল, ডকুমেন্ট ইত্যাদি পাঠাতে ও গ্রহণ করতে পারি। এছাড়া যেকোনো সময় অনলাইন সাইট্রেরির হাজরহাজর, লক্ষ লক্ষ কই, জার্সি, ম্যালজিন ইত্যাদির সন্ধান পেতে পারি এবং প্রয়োজনে পাঠ করতে পারি অথবা ‘ডাউনলোড’ করে ছেপে স্ক্র করে দিতে পারি।

ইমেইল: ইলেকট্রনিক মেইলকে সংক্ষেপে বলা হয় ইমেইল। ইমেইল হলো ইন্টারনেটের মাধ্যমে কলু-বান্ধব, সহপাঠী, আত্মীয়স্বজন বা সহকর্মীদের সাথে দ্রুত এবং দক্ষ যোগাযোগের উপায়। এই মেইল বা চিঠি পাঠাতে কোনো স্ট্যাম্প, পোস্টকার্ড বা এনভেলপ বা কোনো ডাকপিয়নের দরকার হয় না। ইন্টারনেটের সাহায্যে এক কম্পিউটার থেকে অন্য কম্পিউটারে চিঠি পাঠানো ও গ্রহণ করা যায়, ডকুমেন্ট, চিত্র, ছবি এবং যেকোনো তথ্য আদানপ্রদান করা যায়। ইমেইল কীভাবে পাঠানো হয় তার একটি ব্লক চিত্র নিচে দেওয়া হলো :



চিত্র : ১৬.১৮ : ইমেইল গ্রহণ ও প্রেরণ

ইমেইল, ইলেকট্রনিক মেসেজ বা বার্তা ও ফাইলকে এক বা একাধিক ইলেকট্রনিক মেইলবক্স বা ডাকবক্সে কটন করে। কয়েক সেকেন্ডের মধ্যে ইমেইল বার্তা পৃথিবীর এক প্রান্ত থেকে অন্য প্রান্তে পৌঁছে যেতে পারে এবং বিশ্বের যেকোনো প্রান্ত থেকে বার্তা সেকেন্ডের মধ্যে আসতেও পারে। ইমেইল ব্যবহারের জন্য প্রেরক ও গ্রাহক উভয়ের প্রয়োজন হয় ইমেইল এড্রেস বা ঠিকানা। নিচের ইমেইল এড্রেসটি লক্ষ কর :



আরও একটি সহজ ইমেইল এড্রেস হতে পারে,

smtapan@gmail.com

তথ্য ও যোগাযোগ সম্পর্কিত যন্ত্রপাতির কার্যকর ব্যবহার

যোগাযোগের জন্য আমরা ব্যবহার করছি নানান রকম যন্ত্রপাতি যেমন ফোন (লাভ, মোবাইল ও কর্তেসেস), রেডিও, টেলিভিশন, ফ্যাক্স মেশিন, কম্পিউটার ইত্যাদি। এসব যন্ত্রপাতি ব্যবহারের ফলে পৃথিবী যেমন চলে এসেছে আমাদের হাতের মুঠোয়, তেমনি সৃষ্টি হয়েছে নানান রকম সমস্যা। সুতরাং এদের থেকে সর্বোচ্চ সুবিধা পেতে এদের কার্যকর ব্যবহার করতে হবে।

আমাদের দেশে বিদ্যুতের খুব অভাব তাই এসব ডিভাইস অথবা ব্যবহার করে বিদ্যুতের অপচয় করব না। অসেকে আধুনিক যোগাযোগ ব্যবস্থাকে ব্যবহার করে নানান রকম অপরাধমূলক কাজ করে। এদের থেকে সাবধান হব এক এর সাহায্যে আমরা নিজেদেরও কোনো অপরাধের কাজ করব না।

অধিকক্ষণ ধরে কম্পিউটার ব্যবহার করব না। কারণ, যারা অধিকক্ষণ ধরে কম্পিউটার নিয়ে কাজ করেন, কম্পিউটারের স্ক্রীনের দীর্ঘক্ষণ ও মাইসের দীর্ঘক্ষণ ও দীর্ঘদিন ব্যবহারের ফলে তাদের হাতের রগ, ভ্রূহ, কজি, বাহুরে, কাঁধ ও ঘাড় অতিরিক্ত টান (stress) বা চাপ পড়ে। ফলে কাজের ফ্রিক যথেষ্ট বিশ্রাম না নিলে এসব অঙ্গে বাধাসহ নানান রকম সমস্যার সৃষ্টি হতে পারে। এসব সমস্যার মধ্যে রয়েছে হাত, বাহু ও আঙুলের ব্যথা, আঙুল ফুলে যাওয়া ইত্যাদি।

কাজের ফাঁকে ফাঁকে বিশ্রাম না নিয়ে দীর্ঘদিন ও দীর্ঘকাল কম্পিউটারে কাজ করলে চোখে নানান রকম সমস্যার সৃষ্টি হয়, একে কলা হয় কম্পিউটার ভিশন সিনড্রোম। এই সিনড্রোমের মধ্যে রয়েছে চোখ জ্বালা পোড়া করা, চোখ শুষ্ক হয়ে যাওয়া, চোখ চুলকানো, চোখ লাল হয়ে যাওয়া এবং চোখের পলি শুকিয়ে যাওয়া।

কম্পিউটারে কাজ করার সময় সঠিকভাবে বসতে হবে এবং সোজা সামনে তাকাতে হবে। টাইপ করার সময় হাত যেন কোনো কিছুর উপর রাখা না থাকে এবং হাত ও আঙুল যেন সোজা থাকে। কম্পিউটারের স্ক্রিন বা পর্দাটি যেন অবশ্যই চোখ হতে ২০ থেকে ২৪ ইঞ্চি (প্রায় ৫০-৬০ সেমি) দূরে থাকে। মাথার উপর ব্যতির আলো এবং টেবিলের ব্যতির আলো এমনভাবে কমিয়ে দিতে হবে যেন তোমার চোখে বা কম্পিউটারের পর্দায় তা না পড়ে।

রেডিও এবং টেলিভিশন থেকে যে সমস্যা দেখা দেয় তা প্রধানত শব্দদূষণজনিত স্বাস্থ্য সমস্যা। আমরা অনেকে খুব হাইভলিউমে রেডিও ও টেলিভিশন চালাই। এতে নিজের কানের যেমন সমস্যা সৃষ্টি হতে পারে, তেমনি আমাদের আশেপাশের বাড়িতে যারা বাস করেন, তাদের মধ্যে যদি উচ্চ রক্তচাপে অপ্রস্তুত রোগী এবং হৃদরোগী থাকেন বা অন্য যেকোনো অসুস্থ রোগী থাকেন শব্দ দূষণজনিত কারণে তারা আরও বেশি অসুস্থতা ও অস্থিরতা বোধ করতে পারেন। যারা খুব বেশি শব্দে রেডিও বা টিভি চালান, তারা মাথা ব্যথা, কানে কম শোনা, অবসন্নতা ইত্যাদি স্বাস্থ্য সমস্যায় পড়তে পারেন। সুতরাং বেশি জোরে চিঠি ও রেডিও চালাব না।

অনেকে মোবাইল ফোন ব্যবহার করে মানুষকে বিরক্ত করে। এসব কাজ থেকে আমাদের বিরত থাকতে হবে।

অনুশীলনী

ক. বহুবিকল্পীয় প্রশ্ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দাও

১। তেজস্ক্রিয় মৌল থেকে নির্গত আলফা কণা কী?

(ক) একটি হাইড্রোজেন নিউক্লিয়াস

(খ) একটি হিলিয়াম নিউক্লিয়াস

(গ) একটি তড়িৎ নিরপেক্ষ কণা

(ঘ) একটি ঋণাত্মক কণা

২। তেজস্ক্রিয় ক্ষয়ের ফলে যে বিটারশি নির্গত হয় তা আসলে কী?

(ক) ঋণাত্মক ইলেকট্রনের স্রোত

(খ) একটি তড়িৎ নিরপেক্ষ কণা

(গ) একটি ধনাত্মক নিউক্লিয়াস

(ঘ) ধনাত্মক প্রোটনের স্রোত

৩। কোন সিলিকন চিপে লক লক বর্তনী সংযোজিত হলে তাকে কী বলে?

(ক) সমান্তরাল বর্তনী

(খ) অর্ধপরিবাহী ট্রানজিস্টর

(গ) সমন্বিত বর্তনী

(ঘ) অর্ধপরিবাহী ডায়োড

৪। টেলিভিশন সম্প্রচারে ক্যামেরার কাজ কী?

(ক) ছবিকে তড়িৎ সংকেতে রূপান্তর করা

(খ) ছবিকে শব্দ তরঙ্গে রূপান্তর করা

(গ) তড়িৎ সংকেতকে ছবিতে রূপান্তর করা

(ঘ) শব্দ তরঙ্গকে ছবিতে রূপান্তর করা

খ. সূচনশীল প্রশ্ন

১। যেটা হয়ে আসছে পৃথিবী, আমরা বাস করছি গ্রোহল তিনেজে। তথ্য ও যোগাযোগ প্রযুক্তি পৃথিবীর সকল মানুষকে কার্যকর ও দক্ষতার সাথে সংযুক্ত করেছে। যোগাযোগের প্রধান বাহনগুলো হচ্ছে টেলিভিশন, রেডিও এবং টেলিফোন।

(ক) যোগাযোগ বস্তু কাকে বলে?

(খ) কীভাবে টেলিফোন কাজ করে ব্যাখ্যা কর।

(গ) কীভাবে রেডিও স্টেশন নির্দিষ্ট কম্পাঙ্কের সংকেত সম্বলন করে এবং তা গ্রাহকের নিকট পৌঁছায়, চিত্রসহ ব্যাখ্যা কর।

(ঘ) যোগাযোগের বস্তু হিসাবে টেলিভিশন ও রেডিওর কার্যকারিতা বিশ্লেষণ ও তুলনা কর।

২। শ্রীলঙ্কার প্রেমাদাসা স্টেডিয়ামে বাংলাদেশ ও ভারতের মধ্যে অনুষ্ঠিত খেলাটি জুটপত্রের মাধ্যমে বিটিলি সম্প্রচার করেছে। ফলে ঘরে বসেই টেলিভিশনে খেলাটি উপভোগ করা যাচ্ছে।

(ক) এনালগ সংকেত কাকে বলে?

(খ) চিত্রের সাহায্যে একটি ডিজিটাল সংকেত ব্যাখ্যা কর।

(গ) টেলিভিশনে খেলাটির সম্প্রচার কৌশল ব্যাখ্যা কর।

(ঘ) এ ধরনের যোগাযোগ প্রযুক্তি জীবনমানকে কীভাবে উন্নত করেছে –আলোচনা কর।

গ. সাধারণ প্রশ্ন

১। তেজস্ক্রিয়তা কী ব্যাখ্যা কর।

২। আলফা ও বিটা কণার পার্থক্য ব্যাখ্যা কর।

৩। সমন্বিত বর্তনী কী?

৪। ইস্টারনেট কাকে বলে? এর দ্বারা কী কী কাজ করা যায়?

৫। ফ্যাক্স কীভাবে কাজ করে বর্ণনা কর।

চতুর্থ অধ্যায়

জীবন বাঁচাতে পদার্থবিজ্ঞান PHYSICS TO SAVE LIFE



[পদার্থবিজ্ঞানের সাথে জীববিজ্ঞানের সম্পর্ক স্থাপন করে একটি নতুন বিদ্যার বিকাশ ঘটেছে তার নাম জীবপদার্থবিজ্ঞান। ঐচ্ছিক থাকার জন্য আমাদের দরকার সুস্থ, সবল ও নিরোক্ত সেহ। সুস্থ থাকার জন্য প্রয়োজন সঠিক চিকিৎসা। চিকিৎসা বিজ্ঞানে রোগ নির্ণয় অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। পদার্থবিজ্ঞানের বিভিন্ন তত্ত্ব ও নীতির উপর ভিত্তি করে তৈরি হয়েছে নানা ধরনের চিকিৎসা যন্ত্রপাতি। এসকল যন্ত্রপাতি পদার্থবিজ্ঞানের কোনো নীতি বা তত্ত্বকে কাজে লাগিয়ে কাজ করে। এমন কিছু যন্ত্রপাতি সম্পর্কে এ অধ্যায়ে আলোচনা করা হবে।]

এই অধ্যায় পাঠ শেষে আমরা—

১. জীবপদার্থবিজ্ঞানের ভিত্তি ব্যাখ্যা করতে পারব।
২. জীবপদার্থবিজ্ঞানে অণুগতিগত বলের অবদান ব্যাখ্যা করতে পারব।
৩. মানবদেহ পদার্থবিজ্ঞানের নিয়মে পরিচালিত হয় তা ব্যাখ্যা করতে পারব।
৪. চিকিৎসা বিজ্ঞানে রোগ নির্ণয়ে ব্যবহৃত যন্ত্রপাতিতে পদার্থবিজ্ঞানের ধারণা ও তত্ত্বের ব্যবহার ব্যাখ্যা করতে পারব।
৫. আধুনিক প্রযুক্তি এবং যন্ত্রপাতি ব্যবহারের ফলে সৃষ্ট স্বাস্থ্য সমস্যা এবং প্রতিরোধের কৌশল ব্যাখ্যা করতে পারব।
৬. সঠিক চিকিৎসার জন্য রোগ নির্ণয়ের প্রয়োজনীয়তা সম্পর্কে নিজে সচেতন হবো এবং অন্যদের সচেতন করতে পারব।
৭. রোগ নির্ণয়ে বিজ্ঞান ও প্রযুক্তির প্রয়োগ করতে পারব।

১৪.১ জীবপদার্থবিজ্ঞান এর তিস্তি

Background of bio-physics

জীবপদার্থবিজ্ঞান হলো এমন এক বিজ্ঞান যা বিজ্ঞানের অনেকগুলো শাখার উপর তিস্তি করে প্রতিষ্ঠিত হয়েছে। জীবপদার্থবিজ্ঞানে জীববিজ্ঞানের কোনো ব্যবস্থাকে অধ্যয়নের জন্য ভৌতবিজ্ঞানের তত্ত্ব ও পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। জীববিজ্ঞান হলো জীবজগৎ অধ্যয়নের বিজ্ঞান। কীভাবে উদ্ভিদ ও প্রাণী খাদ্য আহরণ করে, যোগাযোগ রক্ষা করে, পরিবেশ সম্পর্কে উপলব্ধি লাভ করে এবং বংশবৃদ্ধি করে এ বিষয়গুলো জীববিজ্ঞানে বর্ণনা করা হয়। অন্যদিকে প্রকৃতি যে সব গাণিতিক নিয়ম মেনে চলে সেগুলো হলো পদার্থবিজ্ঞানের আওতাধীন বিষয়। দীর্ঘদিন একটি ধারণা বিজ্ঞানীরা পোষণ করে এসেছেন যে জীবজগতের নিয়ম ও ভৌতজগতের নিয়ম অলাদা। কিন্তু ভৌতবিজ্ঞান ও জীববিজ্ঞানের অঙ্গাতির তিস্তর দিয়ে এই দুই অশািত তিন শৃঙ্খলার মধ্যে গভীর মিল পাওয়া গেছে। প্রথমে পদার্থবিজ্ঞান ও জীববিজ্ঞান দুইটি তিন বিষয় হিসেবে বিকাশ লাভ করেছে। বিজ্ঞানের অঙ্গাতির মধ্য দিয়ে এই দুই বিষয়ের মধ্যে পারস্পরিক সম্পর্ক ও সমন্বয় অনেক বৃদ্ধি পেয়েছে। আগে মনে করা হতো প্রাণিজগত তিন এক নিয়মে চলে এক জড় পদার্থের ক্ষেত্রে শূন্য ভৌতবিজ্ঞানের নিয়মগুলো প্রযোজ্য। কিন্তু আমরা এখন জানি প্রাণিসেহকে অনেক সিক থেকে যন্ত্রের সঙ্গে তুলনা করা যায় এবং প্রাণিসেহের অনেক আচরণকে ভৌত নিয়ম দ্বারা ব্যাখ্যা করা সম্ভব। কল্পিত পদার্থবিজ্ঞানের নিয়মগুলো সার্বজনীন। কলে শূন্য জড়জগত নয়, প্রাণিজগতকেও পদার্থবিজ্ঞানের নিয়মে অনেক ক্ষেত্রে ব্যাখ্যা করা সম্ভব। এটিই জীবপদার্থবিজ্ঞানের তিস্তি।

জীবপদার্থবিজ্ঞানের চ্যালেঞ্জ হলো কীভাবে জীবনের নানা জটিলতাকে পদার্থবিজ্ঞানের সহজ নিয়মের তিস্তিতে ব্যাখ্যা করা যায়। গণিত এবং পদার্থবিজ্ঞান ব্যবহার করে জীবনের নানাবিধ রহস্য অনুসন্ধান ও তিস্তি ঘটনা বিশ্লেষণের মাধ্যমে এর গভীরে প্রবেশ করার শক্তিশালী মাধ্যম হলো জীবপদার্থবিজ্ঞান। জীবপদার্থবিজ্ঞান হলো জীববিজ্ঞান এবং পদার্থবিজ্ঞানের মধ্যে সেতুবন্ধ সত্ত্ব।

১৪.২ জগদীশচন্দ্র বসুর অবদান

Contributions of Jagadish Chandra Bose

জগদীশচন্দ্র বসুর জীবন একসাথে একজন প্রখ্যাত পদার্থবিজ্ঞানী, অন্যদিকে একজন জীববিজ্ঞানী। আমাদের উপমহাদেশে তিস্তিই প্রথম আন্তর্জাতিক স্বীকৃতিপ্রাপ্ত বিজ্ঞানী। বসু পরিবারের আদি নিবাস ছিল ঢাকা জেলার অন্তর্গত বিরামপুরের রাঢ়িখাল নামক গ্রামে। ১৮৫৮ সালের ৩০ নভেম্বর জগদীশচন্দ্র বসু মহম্মদসিহের জন্মগ্রহণ করেন। পিতা তপনচন্দ্র বসু ফরিদপুর জেলার একজন জেপুটি ম্যাজিস্ট্রেট ছিলেন। প্রথমে ফরিদপুরের গ্রামীণ বিদ্যালয়ে মাতৃভাষা লেখাপড়া শুরু করেন। পরে কোলকাতার হেয়ার স্কুল ও সেন্ট জেভিয়ার স্কুল ও কলেজে তাঁর হাতকীবন অতিবাহিত হয়। ১৮৮০ সালে বি.এ পাশ করার পর ঐ বছরই তিস্তি উচ্চ শিক্ষার জন্য ইল্যাবে যান। ইল্যাবে তার শিক্ষা জীবন ছিল ১৮৮০-১৮৮৫ সাল পর্যন্ত। ঐ সময়ে তিস্তি ক্যান্সিড বিশ্ববিদ্যালয় থেকে পদার্থবিজ্ঞানে অনার্সসহ বি.এ এবং লন্ডন বিশ্ববিদ্যালয় থেকে বি.এসসি. ডিগ্রি অর্জন করেন। ১৮৮৫ সালে তিস্তি প্রেসিডেন্সি কলেজে পদার্থবিজ্ঞান বিষয়ে অধ্যাপনা শুরু করেন। প্রেসিডেন্সি কলেজে গবেষণার তেমন সুযোগ না থাকা সত্ত্বেও তিস্তি সেখানে গবেষণার কাজ চালিয়ে যান। দিনের কোয় সময় না থাকায় বেশিরভাগ সময় তাকে রাতের কোয় গবেষণার কাজ করতে হতো।

গবেষণায় তিনি কীভাবে দূরবর্তী স্থানে তারের সাহায্য ছাড়া কোনো রেডিও সত্কেতকে পাঠানো যায় এ বিষয়ে বিস্তার গবেষণা করেন এবং সফল হন। ১৮৯৫ সালে তিনি ইতিহাসে প্রথমবারের মতো দূরবর্তী স্থানে বিনা তারে রেডিও সত্কেত প্রেরণ করে জনসমক্ষে দেখান। মাইক্রোওয়েভ গবেষণার ক্ষেত্রে তাঁর উল্লেখযোগ্য অবদান রয়েছে। তিনিই প্রথম উৎপন্ন তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্যকে মিলিমিটার (প্রায় ৫ মিলিমিটার) পর্যায়ে নামিয়ে আসতে সক্ষম হন। তিনিই প্রথম রেডিও সত্কেতকে সনাক্ত করার কাজে অর্ধপরিবাহী আংশের ব্যবহার করেন। এই আবিষ্কার থেকে ব্যবহারিক সুবিধা নেওয়ার পরিবর্তে তিনি তাঁর আবিষ্কারকে সবার জন্য উন্মুক্ত করে দেন, যেন অন্যান্য এই গবেষণাকে আরো সমৃদ্ধ করার সুযোগ পায়।



চিত্র ১৪.১: আচার্য স্যার জগদীশচন্দ্র বসু

পরবর্তীকালে জগদীশচন্দ্র বসু উদ্ভিদ শরীরতত্ত্বের উপর অনেকগুলো গুরুত্বপূর্ণ এবং উল্লেখযোগ্য আবিষ্কার করেন। এগুলোর মধ্যে উদ্ভিদের বৃদ্ধি প্রেরক করার জন্য 'ক্রোমোলাফ' আবিষ্কার, অতিসীমিত মায়ার নড়াচড়া এবং কীভাবে উদ্ভিদ বিভিন্ন উদ্দীপকের প্রতি সাড়া দেয় তা উল্লেখযোগ্য।

জীবপারদর্শবিজ্ঞানে তাঁর উল্লেখযোগ্য অবদান হলেও, উদ্ভিদ কীভাবে উদ্দীপকের প্রতি সাড়া দেয়, এর পরিবহনের প্রকৃতি নিয়ে। আগে ধারণা করা হতো বিভিন্ন উদ্দীপনায় উদ্ভিদের সাড়া দেওয়ার প্রকৃতি রাসায়নিক কিন্তু তিনি দেখাতে সক্ষম হলেন যে এর প্রকৃতি বৈদ্যুতিক।

১৯১৭ সালে উদ্ভিদ শরীরতত্ত্ব নিয়ে গবেষণার জন্য তিনি কলকাতার 'বসু বিজ্ঞান মন্দির' প্রতিষ্ঠা করেন। জগদীশচন্দ্র বসুর বাংলা ভাষায় রচিত রচনাবলী 'জবাক্স' নামক গ্রন্থে সংকলিত হয়েছে। তাঁর উল্লেখযোগ্য একটি গ্রন্থ হলো 'Response in the Living and Non-Living'। ১৯৩৭ সালের ২৩ শে নভেম্বর জগদীশচন্দ্র বসু মৃত্যুবরণ করেন।

১৪.৩ মানবদেহ এবং যন্ত্র

Human body and machine

প্রত্যাহিক জীবনের বিভিন্ন প্রয়োজনে আমরা নানা ধরনের যন্ত্র ব্যবহার করি। যেমন— অটোমোবাইল, রেফ্রিজারেটর, টেলিভিশন, বায়ীয় ইঞ্জিন, অম্পর্দহন ইঞ্জিন ইত্যাদি। মানবদেহকে অনেক একটি যন্ত্ররূপে অতিহিত করে থাকেন। যথিত মানবদেহ আসলে যন্ত্র নয়, তবু এটি অনেকাংশে যন্ত্রের ন্যায় আচরণ করে। যন্ত্রের মতো এটিও অনেকগুলো ছদ্ব ছদ্ব অংশ বা অঙ্গ নিয়ে গঠিত; যার একটির অভাবে বা বিকল হয়ে যাওয়ার সম্পূর্ণ দেহের কর্মকাণ্ড বিঘ্নিত হয়। যন্ত্রের প্রত্যেকটি অংশ যেমনিভাবে বিশেষ কাজ সম্পন্ন করে, তেমনিভাবে মানবদেহের প্রত্যেকটি অঙ্গ আলাদা আলাদা কাজে নিয়োজিত। মানবদেহের প্রত্যেকটি অঙ্গ একে আশ্রয় সাধে আন্তঃসংশ্লিষ্ট, প্রত্যেকটি অঙ্গ নিজস্ব গতিতে চলে, কিন্তু সবগুলো কাজই সুনির্দিষ্ট এবং এদের মধ্যে পূর্বনির্ধারিত সশর্ক রয়েছে। এ কারণেই মানবদেহ মানবসৃষ্ট সবচেয়ে জটিল যন্ত্রের সমতুল্য।

মানবদেহের এমন অণুগুলোর মধ্যে রয়েছে হুপমস্ট্র, বুক, ফুসফুস, যকৃত ইত্যাদি। উদাহরণ হিসেবে বলা যায়, হুপমস্ট্র আসলে একটি স্বয়ংক্রিয় পাম্প, যা বাইরের কোনো উদ্দীপনা ছাড়াই নিজস্ব বৈদ্যুতিক সিগন্যাল দ্বারা সমগ্রদেহে

রক্ত সঞ্চালন করতে সক্ষম। অপরদিকে, বৃক একটি বিশেষ ছীকন যন্ত্র বা মানুষের শরীরের লাইট্রোজেনযুক্ত বর্ষা পদার্থ অপসারণ করে থাকে। এরকম অসংখ্য ছোট ছোট যন্ত্রের কাজের সমন্বয়ের ফলে সম্পূর্ণ মানবদেহ সচল থাকে।

মানবদেহ একটি জৈবযন্ত্র স্বরূপ। যন্ত্র ঘরা কাজ করার জন্য শক্তির প্রয়োজন। বিভিন্ন ইঞ্জিনে আমরা পেট্রোল, ডিজেল, সি.এন.জি ইত্যাদি জ্বালানি ব্যবহার করে রাসায়নিক শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করি। ঠিক তেমনিভাবে, খাদ্য গ্রহণ ও শ্বসন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে মানবদেহও রাসায়নিক শক্তিকে তাপশক্তি ও যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করে। সুতরাং মানবদেহ আসলে একটি জৈবিক যন্ত্রের মতো। কিন্তু অনেক দিক দিয়ে মানবদেহ মানবসৃষ্ট জটিলতম যন্ত্রের চেয়েও বিজ্ঞয়কর। মানবদেহ এমন কিছু কাজ করতে পারে, যা কোনো যন্ত্রের পক্ষে করা সম্ভব নয়। যেমন— মানুষের পেছ একটি মাত্র কোষ থেকে উৎপত্তি লাভ করে। সময়ের পরিবর্তনের সাথে সাথে এই একটি কোষই পূর্ণাঙ্গা মানবদেহে পরিণত হয়, যা লক্ষ কোটি কোষ ঘরা গঠিত। কিন্তু কোনো যন্ত্রেই এমনটি ঘটে না। কখনো কখনো শরীরের একটি মাত্র অংশ বিকল হলে সমগ্র মানবদেহের কর্মকাণ্ড কলঙ্ক হয়ে যায়। যেমন— হৃৎপিণ্ডের ক্রিয়া থেমে গেলে শরীরের অন্যান্য সকল অঙ্গাণুদের কর্মকাণ্ডও কলঙ্ক হয়ে যায় এবং খুব দ্রুত মস্তিস্কের ক্রিয়াও থেমে যায়।

১৪.৪ রোগ নির্ণয়ে ব্যবহৃত যন্ত্রপাতি

Instruments used for diagnosis of diseases

এক সময় চিকিৎসকগণ রোগীর বাহ্যিক বিভিন্ন লক্ষণ দেখে রোগ নির্ণয় করতেন এবং সে অনুযায়ী ঔষধ ও পথ্য দিতেন। সে সময় রোগ নির্ণয়ের জন্য আধুনিক যন্ত্রপাতি আবিষ্কার হয়নি। কলে বাইরে থেকে বিভিন্ন অঙ্গ প্রত্যঙ্গের সঠিক অবস্থান বোঝা যেত না। এছাড়া রোগীর কোনো নির্দিষ্ট অঙ্গ কী মারায় রোগাক্রান্ত হয়েছে, তাও জানা সম্ভব ছিল না। বিজ্ঞানের নানা আবিষ্কারকে কাজে লাগিয়ে রোগ নির্ণয়ের জন্য অনেক ধরনের যন্ত্রপাতি আবিষ্কৃত হয়েছে। এ যন্ত্রপাতিগুলোর সাহায্যে সঠিকভাবে রোগ নির্ণয় করা সম্ভব হয়েছে। সঠিক যন্ত্রপাতি ছাড়া চিকিৎসকের পক্ষে সঠিকভাবে রোগ নির্ণয় করা সম্ভব নয়, যেটির সাহায্যে ঐ প্রয়োজনীয় পরীক্ষাটি সম্পন্ন করতে হবে। আধুনিক বিভিন্ন যন্ত্র উদ্ভাবিত হওয়ার ফলে রোগের কারণ নির্দিষ্টভাবে জানা সম্ভব হয়েছে। এক সময় অজ্ঞতার কারণে মানুষ রোগসংক্রান্ত অনেক কুসংস্কারে বিশ্বাস করতো। আধুনিক সমাজে মৃত্যুহার অনেক কমে গেছে, তার প্রধান কারণ রোগ নির্ণয় ও চিকিৎসায় বিভিন্ন তৌত যন্ত্র ব্যবহৃত হচ্ছে।

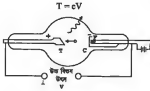
এ অনুচ্ছেদে রোগ নির্ণয়ের জন্য সাধারণত যে সব যন্ত্রপাতি ব্যবহার করা হয় এর কয়েকটি নিয়ে আলোচনা করা হলো।

এক্সরে

X-ray

এক্সরে হলো এক ধরনের তাড়িতচৌম্বক বিকিরণ। এক্সরের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য সাধারণ আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের চেয়ে অনেক কম। এই রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য 10^{-10} m এর কাছাকাছি। ১৮৯৫ সালে উইলহেল্ম রন্টজেন এক্সরে আবিষ্কার করেন। রন্টজেনরশ্মির আরেক নাম এক্সরে। রন্টজেনরশ্মির প্রকৃতি এখনো জানা ছিল না তখন অজানা রশ্মি হিসেবে এর নামকরণ করা হয় এক্সরে। তরঙ্গদৈর্ঘ্য বড় ছোট হবে এক্সরের কোনো পদার্থ তেজ করার ক্ষমতা তত বেশি হবে। সাধারণ আলো দৃশ্যমান এবং বিভিন্ন রঙে বিভক্ত কিন্তু এক্সরে দৃশ্যমান নয়। সাধারণ আলোর পথে কোনো অবশ্য পদার্থ থাকলে তা তেজ করতে পারে না। অপরদিকে এক্সরে উচ্চ ভোল্টেজ কমতা সম্পন্ন। এক্সরে নলে এক্সরে উৎপন্ন

হয়। এজেরে নল একটি বায়ুশূন্য কাচ নল। কাচ নলের দুইপ্রান্তে দুইটি তড়িৎদ্বার বা ইলেকট্রোড লাগানো থাকে। এদের একটির নাম ক্যাথোড এবং অপরটি অ্যানোড। ক্যাথোডে টারস্টেন বাতুর একটি খুঁড়লী থাকে, একে ফিলামেন্ট বলে। ফিলামেন্টের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎপ্রবাহ ক্যাথোডকে উত্তপ্ত করে। ফলে ক্যাথোড থেকে ইলেকট্রন মুক্ত হয় এবং বের হয়ে আসে। ক্যাথোড এবং অ্যানোডের মধ্যে খুব উচ্চ বিভব পার্থক্য প্রয়োগ করা হলে ক্যাথোড থেকে ইলেকট্রনগুলো খুব দ্রুতগতিতে ছুটে যায় এবং লক্ষবস্তু অ্যানোডকে আঘাত করে। দ্রুতগতি সম্পন্ন ইলেকট্রন কোনো বাতুরে (অ্যানোড) আঘাত করলে তা থেকে অতি ক্ষুদ্র তরঙ্গদৈর্ঘ্যের এক উচ্চ তেজস্বী সঞ্ছল এক প্রকার বিকিরণ উৎপন্ন হয়। এ বিকিরণকে এজেরে বা এক্স রশ্মি বলে। চিত্র ১৪.১-এ এজেরে টিউবের প্রয়োজনীয় অংশগুলো দেখানো হয়েছে।



চিত্র ১৪.১: এজেরে টিউব



চিত্র ১৪.২: এজেরে পরীক্ষা

এজেরে নানা কাজে ব্যবহার করা যায়। রোগ নির্ণয়ের জন্য চিকিৎসা বিজ্ঞানে এর অবদান অপরিহার্য।

১. স্থানচ্যুত হাড়, হাড়ের ফাটল, তেড়ে বাওয়া হাড় ইত্যাদি এজেরের সাহায্যে খুব সহজেই সনাক্ত করা যায়।
২. মুখমণ্ডলের যেকোনো ধরনের রোগ নির্ণয়ে এজেরের ব্যবহার অনেক যেমন- লীভের গোল্ডার বা এক ক্ষয় নির্ণয়ে এজেরে ব্যবহৃত হয়।
৩. পেটের এজেরের সাহায্যে অন্ত্রের গতিবদ্ধকতা (Intestinal obstruction) সনাক্ত করা যায়।
৪. এজেরের সাহায্যে পিত্ত থলি ও কিডনির পাথরকে সনাক্ত করা যায়।
৫. বুকের এজেরের সাহায্যে হৃৎস্পৃশের রোগ যেমন- নিউমোনিয়া, হৃৎস্পৃশের ক্যান্সার ইত্যাদি নির্ণয় করা যায়।
৬. চিকিৎসার কক্ষে এজেরে ব্যবহার করা যায়। এটি ক্যান্সার কোষকে মেরে ফেলতে পারে। রেডিওথেরাপি প্রয়োগ করে ক্যান্সারের চিকিৎসা করা যায়।

এজেরের অপ্রয়োজনীয় বিকিরণসম্পন্ন হাতে রোগীর ক্ষতি করতে না পারে এ ব্যাপারে প্রয়োজনীয় সতর্কতা অবলম্বন করতে হবে। অথবা এজেরে নেওয়ার সময় রোগীকে সীসা নির্মিত এপ্রোন দ্বারা যথাসম্ভব আচ্ছাদিত করতে হবে। অতি ক্ষুদ্র না হলে গর্ভবতী মহিলাদের উদর এবং শিশুর অঙ্গের এজেরে করা উচিত নয়। অন্য কোনো এজেরে পরীক্ষা প্রয়োজন হলে সীসা নির্মিত এপ্রোন অবশ্যই ব্যবহার করতে হবে।

আল্ট্রাসোনোগ্রাফি

Ultrasonography

আল্ট্রাসোনোগ্রাফি হলো এমন একটি প্রক্রিয়া যা উচ্চ কম্পাঙ্কের শব্দের প্রতিফলনের উপর নির্ভরশীল। উচ্চ কম্পাঙ্কের শব্দ যখন শরীরের গভীরতর কোষে অর্জন বা পৌঁছে থেকে প্রতিফলিত হয় তখন প্রতিফলিত তরঙ্গের সাহায্যে ঐ অংশের অনুসূচ একটি প্রতিবিশ্ব মনিটরের পর্দায় প্রদর্শন করা হয়।

প্রায় নির্ভরহীন অন্য যে আল্ট্রাসোনোগ্রাফি করা হয় সেই শব্দের কম্পাঙ্ক 1-10 মেগাহার্টজ হয়ে থাকে। আল্ট্রাসোনোগ্রাফি যন্ত্রে ট্রান্সডিউসার নামক একটি সফটিককে বৈদ্যুতিকভাবে উত্তেজিত বা উত্তীর্ণিত করে উচ্চ কম্পাঙ্কের আল্ট্রাসোনিক তরঙ্গ উৎপাদন করা হয়। আল্ট্রাসোনোগ্রাফি যন্ত্রে আল্ট্রাসোনিক তরঙ্গগুলোকে একটি সলু বিনে পরিণত করা হয়। পরে এই ইমিটিকে যে আল্ট্রার প্রতিবিশ্ব রেকর্ড করতে হবে তার দিকে প্রেরণ করা হয়। যে আল্ট্রার দিকে এটি নির্দেশ করা হয় সেই অংশে প্রকৃতি অনুযায়ী ইমিট প্রতিফলিত, গোপিত বা লব্ধিহিত হয়। যখন ইমিট বিভিন্ন ফলকের পেশির (যেমন—মাসকেশি, রক্ত) বিভেদলতে আঘাতিত হয় তখন তরঙ্গের একটি অংশ প্রতিফলিত হিশাবে পুনরায় ট্রান্সডিউসারে ফিরে আসে। পরে এই প্রতিফলনগুলোকে তত্ত্ব সনাক্তে স্থাপনকরিত করা হয়। এই তত্ত্ব সনাক্তগুলো একত্রে মনিটরের পর্দায় গভীরতর বস্তু বা পেশির একটি প্রতিবিশ্ব প্রদর্শন করে।

আল্ট্রাসোনোগ্রাফির সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ ব্যবহার স্ত্রীরোগ এবং প্রসুতিবিজ্ঞানে লক্ষ করা যায়। এর সাহায্যে ভ্রূণের আকার, পূর্ণতা, ভ্রূণের স্বাভাবিক বা অস্বাভাবিক অবস্থান জানা যায়। প্রসুতিকার্যের এটি একটি দৃঢ়, নিরাপদ এবং নির্ভরযোগ্য কৌশল। আল্ট্রাসোনোগ্রাফির সাহায্যে অঙ্কুর টিউবার এবং অণ্ডাশয় পেলভিক মাসের (Pelvic Mass) উপস্থিতির সনাক্ত করা যায়।

বিভিন্ন ধরনের ডাঙ্কারী পরীক্ষা যেমন— পিত্তথল, হৃদযন্ত্রের ক্রটি এবং টিউমার সনাক্তকরণে আল্ট্রাসোনোগ্রাফি ব্যবহার করা হয়। হৃৎপিণ্ড পরীক্ষা করার জন্য যখন আল্ট্রাসোনিক ব্যবহার করা হয় তখন এ পরীক্ষাকে ইকোকার্ডিওগ্রাফি বলে।

এমনকি স্থলার আল্ট্রাসোনোগ্রাফি অবিকল্পের নিরাপদ রোগ নির্ণয় পদ্ধতি। তন্মূলে আল্ট্রাসোনিক শব্দ সীমিত সময়ের জন্য ব্যবহার করতে হবে। এছাড়া ট্রান্সডিউসারকে সফলময় নড়লড়কর মাধ্যমে হতে হবে, যেন এটি কোনো নির্দিষ্ট স্থানে স্থির না থাকে।



চিত্র ১৪.৩ আল্ট্রাসোনোগ্রাফি

সিটিস্ক্যান

CT Scan

সিটিস্ক্যান শব্দটি ইংরেজি Computed Tomography Scan এর সংক্ষিপ্ত রূপ। ত্রিকিমাত্রিকভাবে এটি প্রতিবিশ্ব তৈরির একটি প্রক্রিয়া। যে প্রক্রিয়ার কোনো হিসাবিক বস্তুকে কোনো কালি (Slice) বা অংশের বিবাহিক প্রতিবিশ্ব তৈরি করা হয় সে প্রক্রিয়াকে টমোগ্রাফি বলে। সিটিস্ক্যান একটি সুস্থ বস্তু। এ যন্ত্রে এমনকি ব্যবহৃত হয়। এমনকি কোনো শরীরের অত্যন্ততর কোষে হিসাবিক অংশের বিবাহিক প্রতিবিশ্ব প্রদর্শন করে, সেখানে সিটি স্ক্যান ব্যর্থ হারা সূচক প্রতিবিশ্ব হিসাবিক।

সিটিস্ক্যান বস্তু ডিজিটাল অ্যামিডিক প্রক্রিয়া ব্যবহার করে কোনো বস্তুর অভ্যন্তরের ত্রিমাত্রিক প্রতিবিম্ব গঠন করে। একটি খুঁপন অক্ষের সাপেক্ষে অনেকগুলো ত্রিমাত্রিক একত্রে প্রতিবিম্ব নেওয়ার পর এগুলোকে একত্রিত করে ত্রিমাত্রিক প্রতিবিম্ব গঠন করা হয়। এ কক্ষটি কম্পিউটার ব্যবহারের মাধ্যমে সম্পন্ন করা হয়। বৃত্তাকার পাথে ঘুরার সময় সিটিস্ক্যান বস্তু পার্শ্ব অনেকগুলো স্লু একত্রে বীজ রোগীর শরীরের মধ্য দিয়ে প্রেরণ করে। অথচ একত্রে করার সময় রোগীর সঙ্গে শূন্যমাত্রা একবার একত্রে বীজটি অতিক্রম করে। কলে একত্রে তুলনার সিটিস্ক্যানের চিত্র অনেক নিখুঁত এবং বিস্তৃত হয়। সিটিস্ক্যান বস্তু ব্যবহৃত একত্রে ডিটেকটরটির সাহায্যে রোগীর দেহের বিভিন্ন অংশের শত শত স্তর সনাক্ত করা যায়। ডিটেকটর দ্বারা সংগৃহীত ডাটা কম্পিউটারে প্রেরণ করা হয়। কম্পিউটার পরে শরীরের কোনো অংশের ত্রিমাত্রিক ছবি গঠন করে এবং পর্দায় ডিসপ্লে করে।



চিত্র ১৪.৪: সিটিস্ক্যান যন্ত্র

সিটিস্ক্যানের সাহায্যে শরীরের সরম টিস্যু, রক্তবাহী শিরা বা ধমনী, হৃৎকূল, ব্রেন ইত্যাদির ত্রিমাত্রিক ছবি পাওয়া যায়। হৃৎকূল, হৃৎকূল এবং অঙ্গাঙ্গের ক্যালস সনাক্ত করার কাজে সিটিস্ক্যান ব্যবহৃত হয়। সিটিস্ক্যানের প্রতিবিম্ব চিকিৎসককে টিউমার সনাক্তকরণ, ডিউমারের আকার, অবস্থান এবং টিউমারটি পৃথিবী অন্য টিস্যুকে কী পরিমাণ অগ্রসর করেছে তা নির্ধারণে সাহায্য করে। যথার সিটিস্ক্যানের সাহায্যে মস্তিষ্কের তেতত্রে কোনো ধরনের রক্তপাত, ধমনীর ফুল এবং টিউমারের উপস্থিতি সম্পর্কে জানা যায়। সিটিস্ক্যানের দ্বারা রক্ত সঞ্চালনে সমস্যা আছে কিনা তাও জানা যায়। সাধারণত পর্ববর্তী মহিলাদের সিটি স্ক্যান পরীক্ষা করা হয় না। সিটি স্ক্যান পরীক্ষার 'ডাই' ব্যবহৃত হলে এলার্জিকনিত বিরিয়দার সম্ভবনা রয়েছে।

এমআরআই

Magnetic Resonance Imaging

এমআরআই ইংরেজি Magnetic Resonance Imaging এর সংক্ষিপ্তরূপ। এমআরআই বস্তুে শক্তিশালী চৌম্বকক্ষেত্র এবং রেডিও তরঙ্গ ব্যবহার করে শরীরের কোনো অংশের বা অঙ্গের বিস্তৃত প্রতিবিম্ব গঠন করা হয়। নিউক্লীয় চৌম্বক অনুনাস বা Nuclear Magnetic Resonance এর চৌক এবং রাসায়নিক নীতির উপর ভিত্তি করে এমআরআই বস্তু কাজ করে। এই নীতি ব্যবহার করে কোনো অঙ্গের প্রকৃতি সম্পর্কে তথ্য জানা যায়।

এমআরআই হলো যান্ত্রীয় এবং সিরামিক রোল নির্ময় পঞ্জি। এই যন্ত্রে এলসে বা অন্য কোনো ধরনের বিকিরণ ব্যবহার করা হয় না। শরীরের যে অংশের এমআরআই স্ক্যান করা হয় সেখান থেকে প্রাপ্ত সংকেতকে একটি কম্পিউটারের সাহায্যে পরিবর্তিত করে সেই অংশের অভ্যন্তরীণ স্ট্রাকচার প্রদর্শিত করা হয়। প্রত্যেকটি প্রতিবিম্ব শরীরের কোনো স্থানের এক একটি কণি বা ট্রাইসের মতো কাজ করে। এভাবে অনেকগুলো প্রতিবিম্ব তৈরি করা হয়, ফলে শরীরের ঐ অংশের স্ফটিক বৈশিষ্ট্যকে হুঁচিয়ে তুলে।



চিত্র ১৪.৫: এমআরআই যন্ত্র

এমআরআই এর মাধ্যমে প্রাপ্ত প্রতিবিম্বকে পটভূতির এক একটি কণির সঙ্গে তুলনা করা যায়। যখন পটভূতি থেকে এক একটি কণি উঠানো হয়, তখন কণির সাথে সাথে পটভূতির তেজসের সবটুকু দেখা যায়। একইভাবে এমআরআই এর মাধ্যমে প্রাপ্ত প্রত্যেকটি প্রতিবিম্ব শরীরের অভ্যন্তরীণ স্ট্রাকচারের সবকিছু লেনতে সাহায্য করে।

পরের পোট্রির মতকনো এক পিটের ব্যাধি এমআরআই ব্যবহার করে অঙ্গের বা অঙ্গের উত্তর নির্ণয় করা হয়। স্নে এক স্নে স্নে (Spinal cord) বিস্তৃত প্রতিবিম্ব তৈরির জন্য এমআরআই হলো অভ্যন্তরীণ স্ক্যানের পঞ্জি।

ইসিজি

ECG

ইসিজি হলো ইলেকট্রোকার্ডিগ্রাম (Electrocardiogram) শব্দের সংক্ষিপ্ত রূপ। ইসিজি এমন একটি রোল নির্ময় পঞ্জি যার সাহায্যে সিরামিকভাবে কোনো ব্যক্তির হৃৎপিণ্ডের বৈদ্যুতিক এবং পেশীজনিত কার্যকলাপ পর্যবেক্ষণ করা যায়। অমরা জানি যে, হৃৎপিণ্ডের কোনো উদ্দীপনা ছড়াই হৃৎপিণ্ডের স্নে বৈদ্যুতিক সংকেত উৎপন্ন করে। এই বৈদ্যুতিক সংকেত হৃৎপিণ্ডের পেশির মধ্য দিয়ে ছড়িয়ে পড়ে, এর কলে হৃৎপিণ্ড সংকুচিত হয়। ইসিজি যন্ত্রের সাহায্যে আমরা এই তড়িৎ সংকেতসমূহকে সনাক্ত করি। ইসিজি এর সাহায্যে আমরা হৃৎপিণ্ডের স্পন্দনের হার এবং হৃৎপিণ্ডের পরিমাপ করতে পারি। এটি হৃৎপিণ্ডের মধ্যে রক্তবাহকের প্রবাহ প্রমাণ দেয়।

শরীরের বিভিন্ন স্থানে স্থাপিত তড়িৎপ্রবাহ বা ইলেকট্রোডসমূহ হৃৎপিণ্ডের বিভিন্ন দিক থেকে অঙ্গত বৈদ্যুতিক সংকেতগুলোকে সনাক্ত করে। হৃৎপিণ্ডের একটি সম্পূর্ণ ছবি প্রকার অন্য দশটি ইলেকট্রোড ব্যবহার করে যারোটি বৈদ্যুতিক সংকেতকে সনাক্ত করা হয়। প্রত্যেকটি হাতে এবং পৃষ্ঠে একটি করে যেটি চারটি এবং বাকী ছয়টি ইলেকট্রোড হৃৎপিণ্ডের প্রাচীর বরাবর স্থাপন করা হয় চিত্র ১৪.৬। প্রত্যেকটি ইলেকট্রোড দ্বারা সংগৃহীত তড়িৎ সংকেতকে রেকর্ড করা হয়। এই রেকর্ডসমূহের মুদ্রিত রূপই হলো ইলেকট্রোকার্ডিগ্রাম।



চিত্র ১৪.৬: ইসিগি পঞ্জি

মূখ্য মাদুফের অন্য প্রত্যেক ইলেকট্রোড থেকে গ্রাফ তড়িৎ সংকেতের একটি স্বাভাবিক নকশা থাকে। যদি কোনো ব্যক্তির হৃৎস্পন্দের কোনো ধরনের অস্বাভাবিক অবস্থা লক্ষ করা যায় তখন ইলেকট্রোডসমূহ থেকে গ্রাফ নকশা স্বাভাবিক নকশা থেকে ভিন্নতর হবে।

সংধারণত কোনো রোগের ব্যক্তিগত লক্ষণ যেমন— হৃৎকর বড়কড়ানি, অনিয়মিত ও হ্রত হৃৎস্পন্দন, হৃৎকর ব্যাধি ইত্যাদির কারণ নির্ণয় করার জন্য ইসিগি পরীক্ষা করতে হয়। এছাড়াও নিয়মিত পরীক্ষার অংশ হিসেবে যেমন— অপারেশনের পূর্বে ইসিগির সাহায্য নেওয়া হয়।

হৃৎপিণ্ডের যে সকল অস্বাভাবিক প্রকৃতি ইসিগির মাধ্যমে সনাক্ত করা যায় এগুলো হলো—

১. হৃৎপিণ্ডের অস্বাভাবিক স্পন্দন যেমন— হৃৎপিণ্ডের স্পন্দনের হার বেশি বা কম বা অনিয়মিত হলে;
২. হার্ট অটাক বা স্তম্ভতি বা কিছুদিন পূর্বে সংঘটিত হয়েছে;
৩. সন্তুস্করিত হৃৎপিণ্ড অর্থাৎ হৃৎপিণ্ডের আকার বড় হয়ে যাওয়া।

এন্ডোসকোপি

Endoscopy

এন্ডোসকোপি কালে সংধারণভাবে কোনো কিছু তির্যক সেবারে সুখার। কিন্তু এন্ডোসকোপি কালে আমরা হৃদ্রি ত্রিকোণজসিত কারণে যা প্রয়োজনে সেহের অভ্যন্তরস্থ কোনো অঙ্গ বা গহ্বরকে বাহির থেকে পর্যবেক্ষণ। এন্ডোসকোপি যন্ত্রের মাধ্যমে আমরা শরীরের কীপা অভ্যন্তরস্থের অভ্যন্তরভাগ পরীক্ষা করে থাকি।



চিত্র ১৪.৭: এন্ডোসকোপি যন্ত্র

এন্ডোসকোপি যন্ত্রে দুইটি নল থাকে, এদের একটির মধ্য দিয়ে বাহিরে থেকে রোগীর শরীরের নির্দিষ্ট অঙ্গে আলো প্রেরণ করা হয়। আনেক তন্তুস্বর তির্যক সেহের আলোর পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলনের মাধ্যমে উজ্জ্বল আলো রোগীর সেই গহ্বরে প্রবেশ করে। এই আলো রোগপ্রাপ্ত বা অস্বস্থ অঙ্গকে আলোকিত করে। দ্বিতীয় আলোক তন্তু নলের

ভিতর দিয়ে আলোর প্রতিফলিত অংশ একইভাবে ফিরে আসে। প্রতিফলিত আলো অভিনেত্র সেন্সের মাধ্যমে চিকিৎসকের দ্রোখে প্রবেশ করে। ফলে চিকিৎসক শরীরের অভ্যন্তরে খী ঘটছে বা হচ্ছে তা দেখতে পারেন।

এভোসকোপি মাধ্যমে চিকিৎসকগণ শরীরের অভ্যন্তরে কোোনো ধরনের অবস্থিতিবেধ, ক্ষত, প্রলাহ এবং অন্যান্যকি কোববুধি পরীক্ষা করে থাকেন। নিম্নবর্ণিত বিভিন্ন অঙ্গ পরীক্ষা করার জন্য এভোসকোপি ব্যবহৃত হয়। এগুলো হলো—

(ক) ফুসফুস, কুকের কেন্দ্রীয় বিভাজন অংশ; (খ) পাকস্থলী, ক্ষুদ্রান্ত্র, বৃহদন্ত্র বা কোলন; (গ) স্ত্রী প্রজনন অঙ্গ; (ঘ) উদর এবং পেলভিস; (ঙ) মূত্রথলির অভ্যন্তরভাগ; (চ) দশাপাংহর এবং দ্যকের চরণাংশের সাইনাসসমূহ; (ছ) কল।

রেডিওথেরাপি

Radiotherapy

রেডিওথেরাপি শব্দটি ইংরেজি ‘Radiation Therapy’ শব্দের সংক্ষিপ্ত রূপ। এটি ব্যবহার করে বিভিন্ন রোগ যেমন— ক্যান্সার, থাইরয়েড গ্রন্থির অন্যান্যকি প্রকৃতি, রক্তের কিছু ব্যতির চিকিৎসা করা হয়। সাধারণত রেডিওথেরাপি উচ্চশক্তিসম্পন্ন এসরে ব্যবহার করে ক্যান্সার কোব ধ্বংস করে। এটি টিউমার কোবের অভ্যন্তরস্থ ডিএনএ (DNA) -কে ধ্বংসের মাধ্যমে কোবের সংব্যাবুধি করার ক্ষমতা বিনষ্ট করে ফেলে। মূলতঃ এটি হলো কোোনো রোগের চিকিৎসার আয়নসূতিকরী (ভেজমিক্স) বিকিরণের ব্যবহার।

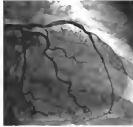
রেডিওথেরাপি দুই ধরনের: (১) বাহ্যিক বীম বিকিরণ বা বাহ্যিক রেডিওথেরাপি (২) অভ্যন্তরীণ রেডিওথেরাপি।

বাহ্যিক রেডিওথেরাপির ক্ষেত্রে শরীরের বাহির থেকে উচ্চশক্তিসম্পন্ন এসরে, কোবল্ট বিকিরণ, ইলেকট্রন বা প্রোটন বীম ব্যবহার করা হয়। শরীরের যে স্থানে টিউমারটি অবস্থিত, সেই দিকে তাক করে বীমটি প্রয়োগ করা হয়। এর ফলে ক্যান্সার কোবের বৃদ্ধি এবং বিভাজন ক্ষমতা ধ্বংস হয়ে যায়। এ প্রক্রিয়ায় অল্প সংখ্যক সূক্ষ্ম কোবও ক্ষতিগ্রস্ত হয়। তবুও আয়নের উদ্দেশ্য হলো কম সংখ্যক সূক্ষ্ম কোবকে ক্ষতিগ্রস্ত করে বেশি সংখ্যক ক্যান্সার কোবকে ধ্বংস করা। ক্ষতিগ্রস্ত অধিকাংশ সূক্ষ্ম কোব নিজে থেকে এই ক্ষতি মেরামত করে ফেলে।



চিত্র ১৪.৮: রেডিওথেরাপি যন্ত্র

অভ্যন্তরীণ রেডিওথেরাপির ক্ষেত্রে রোগীকে শরীরের ভেতর থেকে রেডিওথেরাপি দেওয়া হয়। এ প্রক্রিয়ায় রোগী ভেজমিক্স তরল পদার্থ পানীয় হিসেবে গ্রহণ করে অথবা ইনজেকশনের মাধ্যমে রোগীর দেহে ভেজমিক্স তরল পদার্থ প্রবেশ করিয়ে দেওয়া হয়। রক্তের ক্যান্সারের ক্ষেত্রে এ তরল পদার্থে ভেজমিক্স ফসফরাস, হাড়ের ক্যান্সারের ক্ষেত্রে ভেজমিক্স স্ট্রানশিয়াম এবং থাইরয়েড ক্যান্সারের ক্ষেত্রে ভেজমিক্স আয়োডিন ব্যবহার করা হয়। এ প্রক্রিয়াকে ব্র্যাকিথেরাপি বলে।



চিত্র ১৪.১০: এনজিওগ্রাম

সাধারণত যে সকল কারণে চিকিৎসকগণ এনজিওগ্রাম করার পরামর্শ দেন, এগুলো হলো—

- (ক) হৃৎপিণ্ডের বাহিরে ধমনীতে রক্তেজ্ব হলে;
- (খ) ধমনী প্রসারিত হলে;
- (গ) কিডনির ধমনীর অবস্থা বুঝার জন্য;
- (ঘ) শিরার কোনো সমস্যা হলে।

কখনো কখনো চিকিৎসকগণ এনজিওগ্রাম করার সময় একই সময়ে সার্জারী ছাড়াই রক্তনালির রক্তের চিকিৎসা করে থাকেন। যে কৌশলে বা প্রক্রিয়ায় এনজিওগ্রাম করার সময় ধমনীর রক্ত মুক্ত করা হয় তাকে এনজিওপ্লাস্টি বলে।

আইসোটোপ এবং এর ব্যবহার

Isotopes and its uses

আইসোটোপগুলো হলো একটি নির্দিষ্ট মৌলের রূপভেদ। বিভিন্ন ভরসংখ্যাবিশিষ্ট একই মৌলের পরমাণুকে ঐ মৌলের আইসোটোপ বলে। অর্থাৎ কোনো মৌলের আইসোটোপসমূহে প্রোটনের সংখ্যা সমান থাকে, কিন্তু নিউট্রনের সংখ্যা বিভিন্ন হয়। কোনো পরমাণুর নিউক্লিয়াসে অবস্থিত প্রোটনের সংখ্যা মৌলটিকে অনন্যরূপে সনাক্ত করে। কিন্তু নীতিগতভাবে একটি মৌলের বেকোনো সংখ্যক নিউট্রন থাকতে পারে। মৌলের নিউক্লিয়াসে অবস্থিত প্রোটন এবং নিউট্রনের সংখ্যাই হলো এর ভরসংখ্যা। এ কারণেই কোনো মৌলের প্রত্যেকটি আইসোটোপের ভরসংখ্যা বিভিন্ন হয়। উদাহরণ হিসেবে কার্বনের কথা বলা যেতে পারে। কার্বনের তিনটি আইসোটোপ $^{12}_6C$, $^{13}_6C$ এবং $^{14}_6C$, যাদের ভরসংখ্যা যথাক্রমে 12, 13, 14। কার্বনের পারমাণবিক সংখ্যা 6, অর্থাৎ প্রত্যেকটি কার্বন পরমাণুতে ছয়টি প্রোটন আছে। বার ফলে কার্বনের আইসোটোপগুলোতে যথাক্রমে 6, 7 এবং 8 টি নিউট্রন রয়েছে।

চিকিৎসাক্ষেত্রে ‘পরিমাপ চিকিৎসা’ তেজস্ক্রিয় আইসোটোপের ব্যাপক ব্যবহার রয়েছে। তেজস্ক্রিয় আইসোটোপের প্রধানত দুই ধরনের ব্যবহার আছে।

- (ক) রোগ নির্ণয়ের ক্ষেত্রে
- (খ) রোগ নিরাময়ের ক্ষেত্রে

রোগীর শরীরে কোনো স্থানে বা অঙ্গে ক্ষতিকর ক্যান্সার ডিউমারের উপস্থিতি তেজস্ক্রিয় আইসোটোপের সাহায্যে সনাক্ত করা যায়। কোবাল্ট-60 (^{60}Co) আইসোটোপ থেকে নির্গত শক্তিশালী গামা রশ্মি ক্যান্সার চিকিৎসার ব্যবহৃত হয়। কোবাল্ট-60 থেকে নির্গত গামা রশ্মির সাহায্যে অপরেশনের যন্ত্রপাতি রোগ জীবাণুমুক্ত করা হয়। থাইরয়েড গ্রন্থি বা গ্র্যান্ডের অস্বাভাবিক বৃদ্ধিক্রমিত রোগের চিকিৎসায় আইয়োডিন-131 (^{131}I) ব্যবহৃত হয়। টেকনিশিয়াম-99m রোগ নির্ণয়ের জন্য পরমাণু চিকিৎসায় বহুল ব্যবহৃত একটি তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ। এটির সাহায্যে ত্রেন, সিতার, গ্রীহা এবং হাড়ের ইমেজিং বা স্ক্যানিং সম্পন্ন করা হয়। রক্তের শ্বেত কণিকার অত্যধিক বৃদ্ধি ফলে রক্তাক্ষতা (Blood-Leukaemia) রোগের চিকিৎসায় তেজস্ক্রিয় ফসফরাস-32 (^{32}P) এর ফসফেট ব্যবহৃত হয়। পরমাণু চিকিৎসায় রোগ নির্ণয়ের জন্য শিরার মধ্য দিয়ে ইনজেকশনের মাধ্যমে তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ রোগীর দেহে প্রবেশ করানো হয়। রোগীর কোনো অঙ্গের পরীক্ষা করা হবে তার উপর নির্ভর করেই তেজস্ক্রিয় পদার্থ নির্বাচন করা হয়। এছাড়া কৃষিক্ষেত্রে, খাদ্যসম্পদকে, কীটপতঙ্গ দমনে এবং শিল্পক্ষেত্রে তেজস্ক্রিয় আইসোটোপের ব্যাপক ব্যবহার রয়েছে।

অনুশীলনী

ক. বহুনির্বাচনি প্রশ্ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দাও

১। বিজ্ঞানী জগীশচন্দ্র বসুর সাথে কোন বিষয়টি সংশ্লিষ্ট?

- বসু মন্দির প্রতিষ্ঠা
- তেজস্ক্রিয় মৌলের ব্যবহার
- ক্রেস্কেল্লার আবিষ্কার

নিচের কোনটি সঠিক?

- | | |
|------------|----------------|
| ক) i | খ) i ও ii |
| গ) i ও iii | ঘ) i, ii ও iii |

২। X-ray ফিল্ম হাড়ের ছবি সঠিক দেখা যাওয়ার কারণ—

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| ক) হাড় X-ray দ্বারা অতেন্দ্র | খ) মাংসপেশি X-ray দ্বারা অতেন্দ্র |
| গ) তরল সৈধ্য অনেক বেশি | ঘ) উচ্চ ভেদনক্ষমতাসম্পন্ন |

৩। সূক্ষ্ম রক্তনালিকার রক্তের পরীক্ষা করার প্রযুক্তির নাম হলো—

- | | |
|---------------|-----------------|
| ক) এনজিওগ্রাম | খ) এনজিওপ্রসিটি |
| গ) ইটিটি | ঘ) ইসিজি |

৪। হৃদ স্পন্দনের হার ও হৃদমহত পরিমাপ করা হয় কী উপায়ে?

- | | |
|-------------------------------------|---------------------------|
| ক) তড়িৎ সংকেত সনাক্ত করে | খ) X-ray এর মাধ্যমে |
| গ) পিউল্সিভ চৌম্বক অনুদানের মাধ্যমে | ঘ) শব্দ তরঙ্গ ব্যবহার করে |

৬. সূজনমূলক প্রশ্ন

বিনুর চাচী মা হতে চলেছেন। ঢেক আশের জন্য তিনি নিয়মিত ডাক্তারের কাছে যান। কোন এক মাসে ডাক্তার হৃণের সঠিক অবস্থান ও আকার জানার জন্য তাকে একটি পরীক্ষা করার পরামর্শ দিলেন। আল্ট্রাসোনোগ্রাফির মাধ্যমে তিনি পরীক্ষাটি করলেন এবং এর মাধ্যমে ডাক্তার হৃণ সম্পর্কে সঠিক ধারণা লাভ করেন।

- ক) এম আর আই এর পূর্ণরূপ কী?
- খ) আইসোটোপগুলো একটি নির্দিষ্ট মৌলের বৃণভেদ কেন?
- গ) হৃণ সম্পর্কে সঠিক ধারণা লাভে আল্ট্রাসোনোগ্রাফির ভূমিকা অশেচনা কর।
- ঘ) মিনার চাচীর পরীক্ষাটি অন্য কোনো চিকিৎসা প্রযুক্তির মাধ্যমে করা যাবে কি?—উত্তরের স্বপক্ষে যুক্তি দাও।

৭. সাধারণ প্রশ্ন

- ১। ভৌতজগৎ ও জীবজগৎ কী সম্পূর্ণ ভিন্ন নিয়মে চলে?
- ২। জীবপদার্থবিজ্ঞানের সূচনা কীভাবে হলো।
- ৩। পদার্থবিজ্ঞানের নিয়মগুলো কেন জীবজগতের ক্ষেত্রে প্রয়োগ করা যায়?
- ৪। পদার্থবিজ্ঞানে জগদীশচন্দ্র বসুর অবদান বর্ণনা কর।
- ৫। জীবপদার্থবিজ্ঞানে তাঁর অবদান কী?
- ৬। মনিবমেই কখনো কখনো যন্ত্রের মতো আচরণ করে ব্যাখ্যা কর।
- ৭। মনিবমেই একটি জৈব যন্ত্র— এর সপক্ষে যুক্তি দাও।
- ৮। পদার্থবিজ্ঞানের উদ্ভাবিত যন্ত্রপাতি কীভাবে চিকিৎসা ক্ষেত্রে কাজে লাগে।
- ৯। রোগ নির্ণয়ের জন্য ব্যবহৃত কতগুলো যন্ত্রপাতির নাম লিখ।
- ১০। এক্সরে কী? রোগ নির্ণয় ও চিকিৎসা ক্ষেত্রে এর ব্যবহার লিখ।
- ১১। আল্ট্রাসোনোগ্রাফি কীভাবে চিকিৎসাক্ষেত্রে রোগ নির্ণয় করে।
- ১২। এমআরআই এর মাধ্যমে প্রাপ্ত প্রতিবিশ্বে বর্ণনা দাও।
- ১৩। ইসিজির সাহায্যে কোন কোন রোগ নির্ণয় করা যায়?
- ১৪। এডোসকেপি যন্ত্র কী কাজে ব্যবহৃত হয়?
- ১৫। চিকিৎসাক্ষেত্রে রেডিওথেরাপি কেন ব্যবহার করা হয়?
- ১৬। ইটিটি এক ধরনের ইসিজি পরীক্ষা— বর্ণনা কর।
- ১৭। কোন কোন ক্ষেত্রে এনজিওগ্রাম করা হয়?
- ১৮। আইসোটোপ কী? চিকিৎসাক্ষেত্রে এটি কী কাজে লাগে?

২০১৭

শিক্ষাবর্ষ

১-১০ পদার্থ

দারিদ্র্যমুক্ত বাংলাদেশ গড়তে হলে শিক্ষা গ্রহণ করতে হবে

- মাননীয় প্রধানমন্ত্রী শেখ হাসিনা

সমুদয় কাজই সাহস ও সকলের
ওপর নির্ভরশীল

সাহসী ও শিশু নির্ভরতার খটনা খটলে প্রতিদার ও প্রতিযোগিতার জন্য ন্যাশনাল ইয়েলাইন সেউয়ে
১০৯২১ নম্বর-এ (টোল ফ্রি, ২৪ ঘণ্টা সার্ভিস) ফোন করুন



২০১০ শিক্ষাবর্ষ থেকে সরকার কর্তৃক বিনামূল্যে বিতরণের জন্য